



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UNICEUB  
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS – FATECS  
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO  
DIEGO DELMONDES DE AVELAR MELO

# **TRANSMISSÃO SEM FIO DE AFERIÇÃO DA TEMPERATURA DO CORPO HUMANO**

**Autor: Diego Delmondes de Avelar Melo (RA: 2051606/6)**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. MSc. Maria Marony S. F. Nascimento**

**BRASÍLIA - DF**

**2º SEMESTRE DE 2009**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UNICEUB**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS – FATECS**  
**CURSO ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**TRANSMISSÃO SEM FIO DE AFERIÇÃO DA TEMPERATURA DO  
CORPO HUMANO**

**Por**

**DIEGO DELMONDES DE AVELAR MELO**  
**2051606/6 – FATECS – UNICEUB**  
**PROJETO FINAL DE GRADUAÇÃO**

**Monografia apresentada a Faculdade de  
Tecnologia de Ciências Sociais  
Aplicadas do Centro Universitário de  
Brasília - UniCEUB, para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia de  
Computação.**

**PROF<sup>a</sup>. MSC. MARIA MARONY SOUSA FARIAS NASCIMENTO**  
**ORIENTADORA**

**Brasília/DF, Novembro de 2009.**

## DEDICATÓRIA

Primeiramente agradeço a Deus, pois em todo o momento que pensei em desistir sempre tive pessoas ao meu lado para não me deixar desanimar.

Mas uma pessoa em especial foi capaz de me impulsionar do início ao fim desta primeira grande jornada. Minha esposa, companheira e grande amiga, que comigo passou por grandes desafios e provas, cirurgia, provas finais, trabalhos e outras dificuldades que, somente quem esteve junto, é capaz de descrever. Ao mesmo tempo em que agradeço, gostaria de parabenizar esta grande mulher por também ter conseguido alcançar seus objetivos; chegar ao final de um curso de graduação tão árduo, conciliando perfeitamente o trabalho, a faculdade, a casa, o marido e a família. A essa guerreira dedico meu amor, meu carinho, minha admiração. Te amo!

Também dedico este trabalho a minha querida mãe Maria que foi capaz de abrir mão de seus próprios sonhos para poder proporcionar uma educação melhor para seus filhos. Obrigado mãe.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a toda minha família pelo apoio e principalmente pela compreensão que tiveram durante todos esses anos, e em especial, aos meus irmãos Márcio Mike e Helen Régia que contribuíram para o meu desenvolvimento.

Agradeço a todos aqueles que me ajudaram na elaboração deste trabalho, em especial a professora Maria Marony que contribuiu ricamente com seus conhecimentos, amizade e paciência; e aos amigos Robson Caetano e José Carlos. Sem a ajuda de vocês não teria sido possível.

*“A educação seria muito mais eficaz se  
sua finalidade fosse assegurar que cada  
estudante, ao sair da escola, tivesse a  
ciência do quanto ainda não sabe e  
imbuída com um desejo de saber”  
William Haley (1901-1987)*

## RESUMO

Neste projeto é abordada a detecção do aumento da temperatura corporal, de modo a monitorar sua elevação, que em alguns casos pode desencadear a convulsão febril em crianças na faixa etária de três meses a cinco anos. O objetivo principal é o desenvolvimento de um protótipo que permita o monitoramento de temperatura corporal de forma rápida, contínua e sem interferência humana com a utilização de sensor de temperatura. Transmitindo medidas aferidas via ondas de rádio (RF) a um receptor conectado a um microcontrolador PIC, mostrando a temperatura aferida em um display de LCD, e emitindo um sinal sonoro, caso seja detectado um aumento da temperatura do corpo humano acima de 39 graus.

Os equipamentos de aferição disponíveis atualmente exigem a permanência de um adulto para realizar a aferição gerando uma fragilidade do processo, pois a leitura não contínua depende da interpretação do adulto que esteja manipulando o equipamento para sinalização de aumento demasiado da temperatura, podendo esta interpretação ser passível de erro de leitura para termômetros analógicos, ou ainda, em termômetros digitais ocasionar a demora da interpretação e intervenção para conter o aumento da temperatura e preservar a saúde do paciente.

O protótipo é composto por 2 (dois) módulos: o primeiro é responsável pela aquisição da temperatura – Dispositivo de Monitoramento e o outro pelo gerenciamento das informações coletadas – Dispositivo Gerencial. O projeto foi baseado na obtenção de um equipamento computacional simples e de baixo custo utilizando materiais de fácil obtenção no mercado e que realizem a tarefa proposta.

Palavras-chave: Termômetro sem fio, sensor de temperatura, microcontrolador, PIC 16F877A.

## **ABSTRACT**

This project deals with the detection of increase in body temperature and the prevention of its rise, which in some situations can trigger a febrile seizure in children aged between three months and five years. The main objective is the development of a prototype that allows quick and continuous monitoring of the body temperature, and without human interference, with the use of temperature sensor. Transmitting measured values via radio waves (RW) to a receiver connected to a PIC microcontroller, displaying the actual temperature measured in a LCD screen, and emitting a beep if it detects an increase in body temperature above the tolerable levels in human beings, above 39 degrees celsius.

The equipment available requires the presence of an adult to perform the measurement, generating a flaw in the process, because the not continuous reading depends on human interpretation to signalize the increase in temperature, which may be opened to interpretation error for analog thermometers reading, or in digital thermometers cause the delay of interpretation and intervention with alternative methods to contain the increase in temperature and preserve the patient's health.

The prototype consists of two modules: the first is responsible for the acquisition of temperature – Monitoring Device– and the other for managing the collected information – Management Device. The project was based in obtaining a simple and low cost computer equipment using easily available material which performs this task.

Keywords: micro-controlled, temperature sensor, microcontroller, PIC.

# SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABELAS.....	XII
LISTA DE SÍMBOLOS/DEFINIÇÕES.....	XIII

## **Capítulo 1 – INTRODUÇÃO..... 14**

1.1 Introdução ao tema proposto.....	14
1.2 Motivação.....	14
1.3 Objetivos.....	15
1.4 Estrutura do Trabalho.....	15

## **Capítulo 2 – REFERENCIAL TEÓRICO ..... 17**

2.1 Febre ou Pirexia.....	17
2.2 Convulsão Febril.....	18
2.3 Causas, Sintomas e Fatores de risco.....	19
2.4 Prevenção.....	20
2.5 Visão geral do projeto.....	20
2.6 Sensores.....	21
2.6.1 Características.....	22
2.6.2 Sensores de Temperatura.....	22
2.7 Microcontrolador.....	23
2.8 LCD (Liquid Display Cristal).....	24
2.9 Rádio Frequência.....	24

## **Capítulo 3 – DESCRIÇÃO DO HARDWARE ..... 27**

3.1 Dispositivo de monitoramento.....	27
3.1.1 Sensor de Temperatura LM35.....	28
3.1.2 Módulo Transmissor TXC1.....	30
3.1.3 Antenas.....	32
3.1.4 Conversor ADC.....	32
3.2 Dispositivo Gerencial.....	34
3.2.1 Módulo Receptor RXD1.....	34
3.2.2 Microcontrolador PIC16F877A.....	36
3.2.2.1 USART.....	37
3.2.3 LCD (Liquid Display Cristal).....	39



<b>Capítulo 4 – IMPLEMENTAÇÃO</b>	<b>40</b>
4.1 <i>Protótipo do Dispositivo de Monitoramento</i>	40
4.1.1 Implementação do Hardware do Dispositivo de Monitoramento	41
4.2 <i>Protótipo Dispositivo Gerencial</i>	43
4.2.1 Implementação do Hardware do Dispositivo Gerencial	45
4.2.2 Implementação do Hardware do Painel Gerencial	46
4.3 <i>Implementação do Firmware</i>	48
4.3.1 Especificação do <i>Firmware</i>	49
<b>Capítulo 5 – SIMULAÇÕES E RESULTADOS</b>	<b>54</b>
5.1 <i>Simulações</i>	54
5.2 <i>Problemas Encontrados</i>	58
<b>Capítulo 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>60</b>
6.1 <i>Conclusão</i>	60
6.2 <i>Sugestão para Trabalhos Futuros</i>	61
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICE A – CÓDIGO DO MICROCONTROLADOR – DISP. GERENCIAL</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICE B – CÓDIGO DO MICROCONTROLADOR – DISP. MONITORAMENTO</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE C – ESQUEMA ELÉTRICO</b>	<b>70</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Monitoramento de Temperatura Corporal.....	21
Figura 3.1- Diagrama de Blocos Simplificado do Disp. de Monitoramento.....	27
Figura 3.2 - LM35 da <i>National Semiconductor</i> .....	28
Figura 3.3 - Circuito elétrico do LM35. ....	29
Figura 3.4 – Dimensões Físicas do Transmissor .....	30
Figura 3.5 – Circuito de Teste do Transmissor.....	31
Figura 3.6 - Diagrama de Blocos Simplificado do Dispositivo Gerencial. ....	34
Figura 3.7 - Dimensões Físicas do Receptor .....	35
Figura 3.8 - Pinagem do Microcontrolador PIC16F877A da MicroChip.....	37
Figura 3.9 - Transmissão modo assíncrono .....	38
Figura 4.1 - Desenho do Circuito Dispositivo de Monitoramento.....	42
Figura 4.2 - Dispositivo de Monitoramento finalizado.....	42
Figura 4.3 - Kit de desenvolvimento LABPIC. ....	44
Figura 4.4 - Montagem do Dispositivo Gerencial.....	46
Figura 4.5 - Desenho do circuito do Painel Gerencial. ....	47
Figura 4.6 - Funcionamento do Painel Gerencial .....	47
Figura 4.7 - Compilação do <i>Firmware</i> do Dispositivo Gerencial.....	49
Figura 4.8 - Gravação do código na memória do PIC .....	50
Figura 4.9 - Fluxograma de funcionamento do Dispositivo de Monitoramento.....	51

Figura 4.10 - Fluxograma de funcionamento do Dispositivo Gerencial. ....	52
Figura 4.11 - Esquema de funcionamento de comunicação entre os dispositivo. ....	53
Figura 5.1 - Simulação do circuito elétrico Dispositivo Gerencial. ....	54
Figura 5.2 - Simulação do circuito elétrico Dispositivo de Monitoramento. ....	55
Figura 5.3 - Simulação dos dispositivos. ....	55
Figura 5.4 - Teste dos dispositivos. ....	56
Figura 5.5 - Monitoramento da Temperatura e acionamento do Painei. ....	57
Figura 5.6 - Comparação entre as aferições de temperatura ....	57

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Nomenclatura das Variações Térmicas do Organismo. ....	18
Tabela 2.2 - Faixas de Frequências .....	26
Tabela 3.1 - Descrição da função dos pinos do módulo transmissor.....	31
Tabela 3.2 - Descrição da Função dos Pinos do Receptor.....	35
Tabela 3.3 - Pinos do módulo LCD.....	39

## LISTA DE SÍMBOLOS/DEFINIÇÕES

ADC – Conversor Analógico-Digital

RF – Rádio Frequência

LCD – *Liquid Cristal Display*

USART – *Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*

Hz – hertz

μ - micro

m – mili

K – quilo

M – mega

V – volt

A – ampère

°C – graus celsius

cm – centímetro

# **CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO**

## **1.1 Introdução ao tema proposto**

A convulsão febril é um distúrbio que ocorre em crianças como resposta ao aumento da temperatura corpórea relacionada à incapacidade do corpo em promover a perda de calor ou reduzir a produção de calor. São mais comuns em crianças entre três meses e cinco anos podendo causar um grande prejuízo ao cérebro e a outros órgãos do corpo humano (MARCONDES, 2003).

A convulsão febril pode ser evitada caso seja detectada a elevação da temperatura corporal acima dos níveis toleráveis, 39 graus celsius. Fornecendo assim tempo hábil para intervenção na elevação da temperatura com a utilização de medicamentos, por exemplo, antitérmicos ou com métodos de resfriamento, como banhos de água fria para amenizar a elevação.

## **1.2 Motivação**

Dentre os diversos tipos de equipamentos para aferição da temperatura corpórea disponíveis no mercado, nenhum realiza um monitoramento da temperatura do paciente à distância e continuamente. Os equipamentos existentes exigem a permanência de um adulto para realizar a aferição gerando uma fragilidade do processo, pois a leitura não contínua depende da interpretação do adulto que esteja manipulando o equipamento para sinalização de aumento demasiado da temperatura, podendo esta interpretação ser passível de erro de paralaxe<sup>1</sup> para termômetros analó-

---

<sup>1</sup> Erro comum resultante de um incorreto posicionamento do usuário em relação ao instrumento ocasionando o que se chama de “erro de falsa leitura” (THOMAZINI,2005).

gicos, ou ainda, em termômetros digitais pode ocasionar a demora na intervenção dos pais com métodos alternativos para conter o aumento da temperatura e preservar a vida do paciente.

Esse projeto originou-se da necessidade do monitoramento constante à distância da temperatura corpórea, principalmente de crianças. Diante dessa situação pensou-se na obtenção de um equipamento computacional simples e de baixo custo utilizando materiais de fácil obtenção no mercado, que realize tal tarefa, pois é necessária uma intervenção imediata quando ocorrer o aumento da temperatura, devido aos prejuízos que isso pode trazer ao ser humano, e ainda, minimizar a interferência humana no processo, mitigando o risco de uma interpretação e distorção no resultado devido a falhas humanas.

E ainda a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia de Computação, visto que é um dos poucos que capacitam para o desenvolvimento de projetos que envolvem programação em conjunto com os conceitos de hardware e microcontroladores.

### **1.3 Objetivos**

Neste trabalho, foi desenvolvido um protótipo que permite o monitoramento de temperatura corporal de forma rápida, contínua e sem interferência humana com a utilização de sensor, transmitindo medidas aferidas via rádio frequência (RF) a um receptor conectado a um microcontrolador, mostrando a temperatura atual em um display de LCD, e emitindo um sinal sonoro caso seja detectado um aumento da temperatura do corpo acima de 39 graus celsius.

### **1.4 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho é dividido em 6 capítulos, incluindo a INTRODUÇÃO, que trata da introdução ao tema proposto, a motivação do projeto, além do objetivo do mesmo. O capítulo ainda traz esta seção, que descreve toda a estrutura da monografia.

O segundo capítulo, REFERENCIAL TEÓRICO, tras um breve relato a respeito da febre ou pirexia em crianças, convulsão febril, suas causas, sintomas, e fatores de riscos e as formas de prevenção, bem como uma descrição de forma geral do

projeto proposto, uma abordagem sobre sensores, microcontroladores, LCD e a comunicação sem fio por radiofrequência.

No terceiro capítulo, DESCRIÇÃO DO HARDWARE, é abordada a composição do hardware, incluindo as interfaces do sistema bem como os circuitos elétricos e eletrônicos utilizados. Traz informações a respeito das características gerais do dispositivo de monitoração de aferição de temperatura, o dispositivo de gerenciamento, bem como dos módulos de comunicação via rádio frequência, ressaltando a estrutura interna do microcontrolador.

No quarto capítulo, IMPLEMENTAÇÃO, é apresentada uma explicação a respeito dos hardwares e softwares desenvolvidos, suas principais funcionalidades e as ferramentas utilizadas para sua elaboração.

No quinto capítulo, SIMULAÇÕES E RESULTADOS são mostrados as simulações e os resultados obtidos durante a execução do projeto, bem como, as dificuldades encontradas.

No sexto capítulo, CONSIDERAÇÕES FINAIS, é abordada a conclusão do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.



## CAPITULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

*“O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano”.*

*Issac Newton (1642-1727)*

### 2.1 Febre ou Pirexia

A Febre ou Pirexia é um aumento da temperatura corporal dos seres humanos para níveis acima de 37,5° C em resposta a uma reação orgânica de múltiplas aplicações contra um mal comum, interpretado pelo meio médico como um simples sintoma, causando alteração no centro termoregulador localizado no hipotálamo (alteração do ponto fixo) (MARCONDES, 2003).

A elevação do ponto de regulação térmica (ou ponto fixo) dá origem a uma série de mecanismos a fim de elevar a temperatura corporal central (tremores, vasoconstrição e aumento do metabolismo celular) visando atingir o novo equilíbrio. Mede-se tradicionalmente a temperatura corporal através da testa e pescoço (com a mão), da boca, da axila e do ânus (utilizando um termômetro, que pode ser eletrônico ou não) (MARCONDES, 2003).

As crianças são mais afetadas pela febre porque para o organismo delas praticamente todos os vírus e bactérias são desconhecidos.

A tabela 2.1 a seguir apresenta a nomenclatura geralmente aceita das variações térmicas do organismo humano:

**Tabela 2.1 - Nomenclatura das Variações Térmicas do Organismo (Temperatura Axilar) (Pernetta,1998).**

Tipo	Variação
Normotermia	36,0° a 37,0° C
Hipotermia	Abaixo de 36,0° C
Temperaturas subfebris	37,0° a 37,5° C
Febre Baixa	37,5° a 38,5° C
Febre Moderada	38,5° a 39,5° C
Febre Alta	39,5° a 40,5° C
Febre muito alta (hiperpirexia)	Acima de 40,5° C

Temperaturas acima de 40,5° C colocam o ser humano em risco de vida, podendo ocasionar graves consequências à saúde ou até mesmo levar o indivíduo a óbito.

## **2.2 Convulsão Febril**

A febre na criança pode causar apenas um desconforto passageiro, mas em algumas crianças pequenas, ela pode desencadear a convulsão febril. A convulsão febril é uma convulsão Tônica-clônica<sup>2</sup> que ocorre em algumas crianças como resposta a febre. Geralmente está associada à rápida elevação da temperatura e geralmente ocorre no início da febre. A convulsão pode durar de alguns segundos a alguns minutos, ainda que as convulsões curtas sejam mais frequentes. São mais comuns em crianças entre três meses e cinco anos. Cerca de 2% a 5% das crianças tem convulsões associadas à febre, no entanto, a causa exata das convulsões febris é desconhecida (PERNETTA,1998).

“Por definição, a convulsão febril na infância é um evento que ocorre principalmente entre os três meses e os cinco anos de idade, com pico de incidência por volta dos 18 meses, associado à febre, porém sem evidências de infecção do Sistema Nervoso Central ou causa definida” (MARCONDES, 2003).

---

<sup>2</sup> Convulsão que compromete todo o corpo, geralmente caracterizada por rigidez muscular, contrações musculares rítmicas e perda de consciência, causada por atividade elétrica anormal nas células nervosas cerebrais.  
<http://adam.sertaoggi.com.br/encyclopedia/ency/article/000695.htm>

O autor Marcondes, 2003 afirma que as convulsões febris geralmente são generalizadas, de curta duração e costumam ocorrer nas primeiras 24 horas do episódio febril, algumas vezes após ascensão abrupta nos níveis de temperatura.

## **2.3 Causas, Sintomas e Fatores de risco**

Há uma tendência familiar para as convulsões febris, podendo assim sugerir que existam fatores genéticos envolvidos. Ocasionalmente, as convulsões associadas à febre podem ser sintomas de outras doenças como envenenamento, meningite ou encefalite (PERNETTA, 1998).

Dentre os sintomas podemos citar:

- Febre (especialmente temperatura alta ou aumento súbito da temperatura corporal);
- Convulsão do tipo grande mal Tônica-clônica;
- Perda de consciência que dura de 30 segundos a cinco minutos;
- Postura tônica (rigidez e contração muscular generalizada e que geralmente duram de 15 a 20 segundos);
- Movimento clônico (contração e relaxamento musculares rítmicos e violentos que duram geralmente por um ou dois minutos);
- Mordidas nas bochechas ou na língua;
- Incontinência (perda de controle) urinária e/ou fecal;
- Ausência de respiração ou dificuldade respiratória durante uma convulsão.

Dentre as complicações ocasionadas pelo aumento repentino da temperatura corporal, podemos citar:

- Convulsões (não relacionadas à febre);
- Lesão resultante de queda ou batidas em objetos;
- Mordidas a si próprio;
- Aspiração de líquido para os pulmões, pneumonia;
- Lesão cerebral permanente.

As convulsões febris podem ser categorizadas como simples ou complexas. A forma simples é definida como um quadro convulsivo de resolução rápida (< 15 mi-

nutos), ocorrendo apenas uma vez durante um intervalo de 24 horas em uma criança febril sem infecção intracraniana ou distúrbio metabólico grave (PATI, 2009).

As convulsões febris complexas possuem duração superior a 15 minutos, podem ser focais e recorrer durante um período de 24 horas. Em alguns casos, os pacientes já apresentam lesões neurológicas e/ou alterações do sistema nervoso central ou antecedente de convulsões não febris (PATI, 2009).

O risco de apresentar convulsões febris simples recorrentes varia dependendo da idade. Crianças com idade inferior a 12 meses quando do primeiro ataque febril possuem uma probabilidade de 50% de apresentar crises convulsivas febris subsequentes. Crianças com mais de 12 meses possuem uma chance de apenas 30% de um novo ataque e daquelas que sofrem uma segunda convulsão febril, metade apresenta recorrência do episódio (PATI, 2009).

## **2.4 Prevenção**

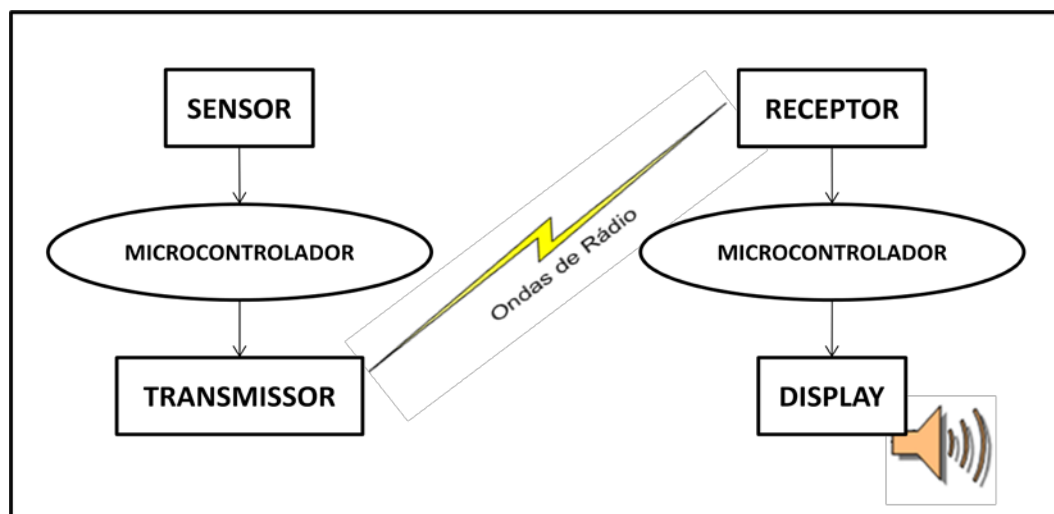
As convulsões podem ocorrer quando a temperatura da criança estiver se elevando ou caindo rapidamente. Em muitos casos a convulsão não pode ser prevista ou prevenida com os métodos de aferição de temperatura utilizados atualmente pelo fato do início da febre ser rápido ou lento. Atualmente com os métodos disponíveis recomenda-se aferir a temperatura três vezes por dia (pela manhã, pela tarde e pela noite); eventualmente proceder às medidas mais aproximadas (PERNETTA, 1998).

## **2.5 Visão geral do projeto**

Os equipamentos para aferição de temperatura do corpo humano disponíveis no mercado exigem, nos casos de aferição em crianças, acompanhamento de adultos que executem a aferição em tempos espaçados e não contínuos.

O projeto desenvolvido cobre exatamente esta fragilidade dos equipamentos comercializados. Um sistema integrado, que tem de reagir a eventos gerados pelo hardware e emitir sinais de controle em resposta a esses eventos possibilitando a aferição da temperatura em crianças sem a necessidade do acompanhamento de outro adulto trazendo uma maior segurança quanto ao aumento repentino da temperatura corporal.

Partindo deste princípio, foi construído um protótipo utilizando dois microcontroladores da família PIC16F. A solução desenvolvida para o presente trabalho é ilustrada na Figura 2.1.



**Figura 2.1 - Monitoramento de Temperatura Corporal.**

Nas seções seguintes são apresentados os principais conceitos teóricos de hardware utilizados no projeto. Mais detalhes sobre o hardware utilizado e seu funcionamento encontram-se no capítulo 3 – DESCRIÇÃO DO HARDWARE. A implementação do projeto pode ser visualizado no capítulo 4 - IMPLEMENTAÇÃO.

## **2.6 Sensores**

São dispositivos que mudam seu comportamento sob ação de uma grandeza física, podendo fornecer diretamente ou indiretamente um sinal que indica esta grandeza. Quando operam diretamente, convertendo uma forma de energia neutra, são chamados transdutores. Os de operações indiretas alteram suas propriedades, como a resistência, a capacitância ou a indutância, sob ação de uma grandeza, de forma proporcional (THOMAZINI, 2005).

Todo sensor tem características próprias que vão definir onde se pode aplicá-los e como utilizá-los. Isso é importante para que se possa tirar o máximo das suas leituras de acordo com nível de precisão que se necessita.

### **2.6.1 Características**

- **Precisão:** a aptidão de um instrumento de medição fornece indicações muito próximas, quando se mede o mesmo mensurando sob as mesmas condições. Está relacionada com as incertezas aleatórias da medição. A precisão tem relação com a qualidade do instrumento (THOMAZINI, 2005).
- **Exatidão:** é a aptidão de um instrumento para dar respostas próximas ao valor verdadeiro do mensurado. A exatidão está relacionada com as incertezas sistemáticas da medição. A exatidão pode ser avaliada através da calibração do instrumento (THOMAZINI, 2005).
- **Linearidade:** é o grau de proporcionalidade entre o sinal gerado e a grandeza física. Quanto maior, mais fiel é a resposta do sensor ao estímulo, conferindo mais precisão ao sistema. Os sensores não lineares são usados em faixas limitadas, em que os desvios são aceitáveis, ou com adaptadores especiais que corrigem o sinal (THOMAZINI, 2005).
- **Faixa de atuação (Range):** é o intervalo de valores da grandeza em que pode ser usado o sensor, sem destruição ou imprecisão da medida. (THOMAZINI, 2005)

### **2.6.2 Sensores de Temperatura**

Para aferir a temperatura é necessária a utilização de um elemento que transforme variações de temperatura em variações de tensão, de forma que tais informações possam ser repassadas a um circuito de leitura. Existem componentes que sofrem alterações em suas propriedades em função da temperatura a que ficam expostas. Este elemento é o sensor de temperatura.

O controle de temperatura é necessário em processos industriais ou comerciais, como a refrigeração de alimentos e compostos químicos, fornos de fusão (produção de metais e ligas, destilação fracionada), produção de bebidas e derivados de petró-

leo, usinas nucleares, aquecedores domésticos (fornos elétricos e microondas) e refrigeradores (freezers e geladeiras). Contudo, ainda se tem uma importante aplicação em áreas da medicina.

Dentre os diversos tipos de sensores disponíveis no mercado foi escolhido o circuito integrado, sensor de temperatura analógico LM 35 da *National Semiconductor*, que oferece boa precisão, possibilitando não fazer qualquer ajuste no final de saída do mesmo. Este sensor além de possuir tamanho muito reduzido é extremamente linear com fator de escala de 10mV/°C

## **2.7 Microcontrolador**

Em poucas palavras, o microcontrolador pode ser definido com um “pequeno” componente eletrônico, dotado de uma “inteligência” programável utilizado no controle de processos lógicos (MARTINS, 2005).

O controle de processos deve ser entendido como o controle de periféricos, tais como: LEDs, botões, displays (pressão, temperatura e de cristal líquido (LCD)), resistências relés, sensores diversos (pressão, temperatura e umidade) e muitos outros. São chamados de controles lógicos, pois a operação do sistema baseia-se nas ações lógicas que devem ser executadas, dependendo do estado dos periféricos de entrada e/ou saída (MARTINS, 2005).

O microcontrolador é programável, pois toda a lógica de operação é estruturada na forma de um programa e gravada dentro de componentes. Depois disso, toda vez que o microcontrolador é alimentado, o programa interno é executado. Quanto à “inteligência” do componente, a mesma pode ser associada à Unidade Lógica Aritmética (ULA), pois é nessa unidade que todas as operações matemáticas e lógicas são executadas. Quanto mais poderosa a ULA do componente, maior suas capacidade de processar informações (MARTINS, 2005).

Tipicamente, um microcontrolador caracteriza-se por incorporar no mesmo encapsulamento um microprocessador (com a finalidade de interpretar as instruções de programa e processar dados), memória de programa (com a finalidade de armazenar de maneira permanente as instruções do programa), memória de dados (com a finalidade de memorizar os valores associados com as variáveis definidas no pro-

grama), uma série de pinos de entrada/saída (com a finalidade de realizar a comunicação do microcontrolador com o meio externo) e vários periféricos tais como temporizadores, controladores de interrupção, temporizadores “cão de guarda” (*Watch-Dog Timers-WDTs*), comunicação serial, geradores de modulação por largura de pulsos ou de PWM (*Pulse Width Modulation*), conversores analógico-digitais (SOUZA, 2007).

## **2.8 LCD (*Liquid Display Cristal*)**

Todo equipamento baseado em microprocessador, para que seja utilizável, tem a necessidade de trocar informações com o mundo exterior. Isto é realizado através de portas de entrada e saída. Acoplados a estes normalmente encontram-se os dispositivos periféricos, que são destinados a determinados tipos de operação. Como exemplo de tais dispositivos, pode-se citar o LCD (*Liquid Display Cristal*) (HIRAKAWA & CUGNASCA, 2009).

Nos últimos anos os módulos de *display* alfanuméricos têm se tornado extremamente populares devido à grande escala de utilização que vem ocorrendo nos diversos produtos, equipamentos e instrumentos. Dentre as aplicações do *display* podemos citar calculadoras, terminais de consulta de bancos, painéis informativos, painéis de equipamentos diversos, entre outros. Essa popularização do *display* se deve as vantagens oferecidas, que são: conexão facilitada com equipamentos diversos, fácil operação, baixo consumo e baixo custo.

Atualmente, existem vários fabricantes que produzem *displays* de cristal líquido (LCD), que funcionalmente possuem características parecidas. As diferenças são quanto à conexão, número de linhas e colunas, dimensões físicas e consumo de energia. Assim, sequências de comandos criados para um *display* podem ser aplicadas em outros sem necessidade de grandes modificações (HIRAKAWA & CUGNASCA, 2009).

## **2.9 Rádio Frequência**

A comunicação via ondas de rádio consiste em conectar dois ou mais equipamentos fazendo-se o uso da radiofrequência. Por meio de técnicas apropriadas é possível realizar qualquer tipo de comunicação utilizando as ondas de rádio. Graças



a essas técnicas foi possível o surgimento da radiodifusão, do telefone celular, do GPS, das comunicações a longas distâncias, por meio de satélites e de sistemas em radiovisibilidade, e tantos outros serviços de telecomunicações (TANENBAUM, 1994).

“Por sua natureza, a radiodifusão é adequada tanto para ligações ponto a ponto quanto para ligações multipontos. As redes sem fio (baseadas em radiofusão) são uma alternativa viável onde é difícil, ou mesmo impossível, instalar cabos metálicos ou de fibra ótica. Seu emprego é particularmente importante para comunicações entre computadores portáteis em um ambiente de rede local móvel” (SOARES, 1995).

As ondas de rádios são fáceis de percorrem longas distâncias e penetram os prédios facilmente e, portanto, são largamente utilizadas para comunicação, seja em ambientes fechados ou abertos. As ondas de rádio também são onidirecionais, o que significa que elas correm todas as direções a partir da origem; portanto, o transmissor e o receptor não precisam estar cuidadosa e fisicamente alinhados (TANENBAUM, 1994).

Para se implementar um sistema de transmissão de dados por ondas de rádio frequência são necessários, principalmente, de módulos de rádio frequência responsáveis pela transmissão e recepção dos dados via ondas de rádio.

Uma solução mais eficiente consiste no uso de módulos de transmissor e receptor já prontos na forma de “módulos híbridos”. Estes são circuitos completos do transmissor e do receptor já montados com componentes SMD<sup>3</sup> numa placa muito pequena, que pode ser encaixada e soldada diretamente na placa principal. Como estes módulos são fabricados em série por um processo muito preciso que inclui o ajuste de frequência com uso de laser, tem-se a garantia de que o sinal de receptor pode ser recebido pelo mesmo sem a necessidade de ajustes.

---

<sup>3</sup> Dispositivo montado em superfície – uma nova tecnologia que tem por objetivo reduzir o espaço ocupado pelos tradicionais componentes (resistências, diodos, transistores e CI's).  
<http://www.angelfire.com/on/eletron/smd.html>. Acessado em setembro de 2009.

Devido à capacidade que as ondas de rádio têm de percorrer longas distâncias, a interferência entre os usuários é um problema. Por essa razão, todos os governos exercem um rígido controle sobre os transmissores de rádio. A tabela 2.2 relaciona diferentes faixas de frequências (siglas pré-definidas internacionalmente).

**Tabela 2.2 - Faixas de Frequências**

LF	Baixa frequência	30 KHz a 300 KHz
MF	Média frequência	300 KHz a 3000 KHz
HF	Alta frequência	3 MHz a 30 MHz
VHF	Muito alto frequência	30 MHz a 300 MHz
UHF	Ultra alta frequência	300 MHz a 3 GHz
SHF	Super alta frequência	3 GHz a 30 GHz

Neste projeto o circuito completo faz com que o transmissor envie uma sequência de pulsos elétricos. Cada sequência contém um pequeno grupo de pulsos de sincronização, seguido pela sequência de pulsos de dados. O segmento de sincronização alerta o receptor para a informação recebida e o segmento de pulso informa à antena o que é a nova informação. O transmissor envia ondas de rádio que oscilam com uma frequência de 433.000.000 ciclos por segundo (433 MHz).

Enquanto isso o receptor monitora constantemente a frequência designada (433 MHz) à procura de um sinal. Quando o receptor recebe as ondas de rádio do transmissor, ele envia o sinal para filtros internos, que bloqueiam quaisquer outros sinais captados pela antena que estejam fora da frequência de 433 MHz. O sinal remanescente é convertido novamente em uma sequência de pulsos elétricos decodificados e enviados ao microcontrolador.

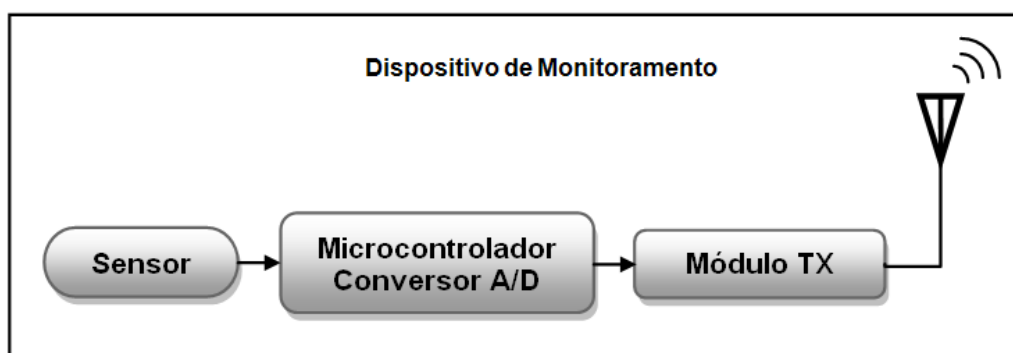
## CAPITULO 3 – DESCRIÇÃO DO HARDWARE

*“A tecnologia moderna é capaz de realizar a produção sem emprego. O diabo é que a economia moderna não consegue inventar o consumo sem salário.”*

*Hebert de Souza*

### 3.1 Dispositivo de monitoramento

O dispositivo de monitoramento é o responsável por condicionar o sinal proveniente do sensor de temperatura para uma etapa posterior. Nesta etapa faz-se a conversão do sinal analógico para digital, que logo é absorvido pelo microcontrolador. O diagrama de blocos apresentado na Figura 3.1 representa o Dispositivo de Monitoramento e seu fluxo de dados juntamente com a exposição do hardware utilizado.



**Figura 3.1- Diagrama de Blocos Simplificado do Dispositivo de Monitoramento.**

Nas seções seguintes são apresentadas as principais características técnicas de cada componente utilizado no desenvolvimento do dispositivo de monitoramento do projeto.

### 3.1.1 Sensor de Temperatura LM35

Existem circuitos integrados, sensores de temperatura, como o LM 35 da *National Semiconductor*, mostrado na Figura 3.2, que oferecem boa precisão e bom preço, possibilitando não fazer qualquer ajuste no sinal de saída do mesmo. Esta precisão se deve ao fato de utilizar intrínsecamente em sua construção circuitos linearizados. Sua faixa de operação está entre  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $155^{\circ}\text{C}$  aproximadamente. Estes sensores além de possuir tamanhos muito reduzidos são extremamente lineares com fator de escala de  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  (NATIONAL, 1994).

Sendo assim a escolha do sensor baseou-se nos seguintes critérios: linearidade, faixa de funcionamento, disponibilidade do sensor no mercado e compatibilidade com o microcontrolador utilizado no projeto.



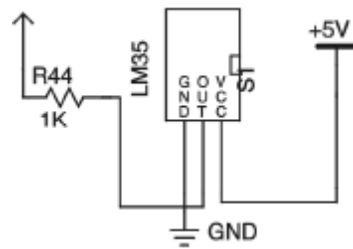
**Figura 3.2 - LM35 da *National Semiconductor***

A baixa impedância de saída do LM35, além de uma saída linear e uma medição precisa, faz com que a leitura de sua interface ou o circuito de controle deste sensor se torne bastante fácil.

Os principais recursos do sensor de temperatura LM35 são: (NATIONAL, 1994)

- Medição na escala de temperatura Celsius;
- Fator linear de escala correspondente a  $+10.0\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ ;
- Modo de operação dentro de uma faixa de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+150^{\circ}\text{C}$ ;
- Adequado para aplicações remotas;
- Baixa impedância de saída.

Abaixo na Figura 3.3, é mostrado o circuito elétrico do sensor LM35.



**Figura 3.3 - Circuito elétrico do LM35. (NATIONAL, 1994)**

O pino GND corresponde ao aterramento do sensor enquanto o pino OUT corresponde à saída analógica do LM35. VCC é o pino de alimentação tensão do sensor, onde é utilizado +5V.

Este sensor pode ter alimentação simples ou simétrica, dependendo do que se desejar como sinal de saída, mas independentemente disso, a saída continuará sendo de  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ . O sensor drena apenas  $60\text{ }\mu\text{A}$  para estas alimentações, sendo assim seu autoaquecimento é de aproximadamente  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ao ar livre (NATIONAL, 1994).

O sensor LM35 é apresentado com vários tipos de encapsulamentos, sendo o mais comum o TO-92, que mais se parece com um transistor, e oferece ótima relação custo benefício, por ser o mais barato dos modelos e propiciar a mesma precisão dos demais. A grande diversidade de encapsulamentos se dá devido à alta gama de aplicações deste integrado.

O sensor LM35 é utilizado da mesma maneira que qualquer outro sensor de temperatura, colocando-o sobre a superfície que se deseja aferir e sua temperatura estará em torno de  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  abaixo da temperatura da superfície na qual se encontra inserido (NATIONAL, 1994).

Segundo o fabricante do sensor de temperatura esta regra se aplica especialmente para o encapsulamento do tipo TO-92 de encapsulamento plástico, onde as ligações de cobre são o principal trajeto térmico para carregar o calor através do dispositivo, fazendo com que a temperatura fique mais próxima da temperatura do ar do que da superfície em que se encontra colocado. O fabricante orienta para amenizar este problema, que na montagem do protótipo se tenha certeza de que a fiação

que ligará o LM35 esteja presa juntamente à superfície de interesse, para que ambas as partes estejam praticamente sempre na mesma temperatura. A maneira mais fácil de fazer isto é fixar os fios e o próprio LM35 com um leve revestimento de cola epóxi à superfície de interesse, assim, o LM35 e seus condutores não estarão em contato com o ar, logo, a temperatura do ar não afetará na medição (NATIONAL, 1994).

### 3.1.2 Módulo Transmissor TXC1

É o componente do projeto responsável pela transmissão dos dados recebidos do sensor de temperatura utilizando ondas de rádio operando na faixa de frequência 315 / 433.92 MHz, para o meio externo ao sistema. O transmissor utiliza modulação por frequência (FM) para converter os sinais digitais do sensor disponibilizados pelo microcontrolador em sinais de rádio. Sua tensão de operação está entre 3V e 12V. Neste projeto, o módulo TXC1 (transmissor) opera entre 4,0V e 5,0V e seu consumo é de 12 mA (KEYMARK, 2002).

Na Figura 3.4 é apresentada a dimensão física do transmissor e a especificação técnica de seus pinos. Do ponto de vista da transmissão de dados, dos quatro pinos existentes os mais importantes são os pinos 1 e 3, respectivamente a saída para a antena e a porta de entrada de dados. Os outros pinos estão ligados à alimentação do componente.

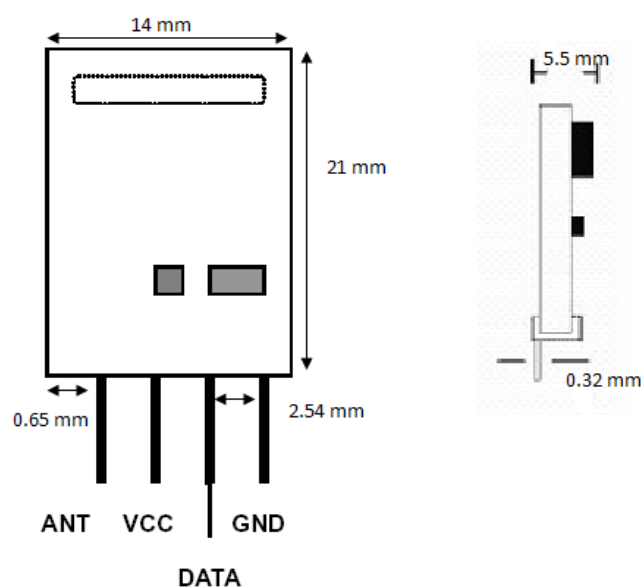


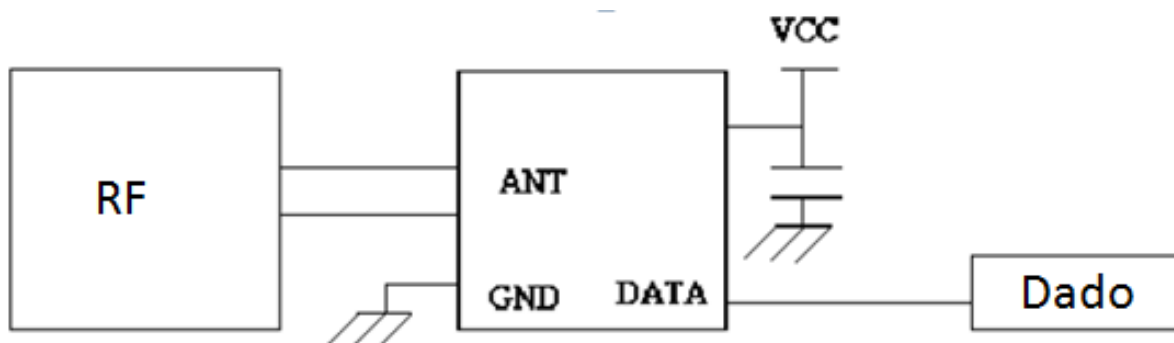
Figura 3.4 – Dimensões Físicas do Transmissor (Adaptado de KEYMARK, 2002)

A tabela 3.1, descreve a função de cada um dos pontos do módulo transmissor.

**Tabela 3.1 - Descrição da função dos pinos do módulo transmissor (KEYMARK, 2002)**

Número do pino	Nome	Descrição
1	ANT	Saída para a antena.
2	VCC	Pino de alimentação do transmissor. O módulo irá gerar RF quando a alimentação estiver presente.
3	DATA	Entrada de dados aceita dados seriais digitais respeitando os níveis de tensão de 3 V a 12 V.
4	GND	Terra RF.

A montagem básica sugerida pelo fabricante para a operação do transmissor é apresentada na Figura 3.5. O pino 4 (GND) é ligado diretamente ao terra do sistema (GND). O pino 1 (ANT) se conecta a antena do transmissor. O pino 2 (VCC) recebe a alimentação do sistema e o pino 3 (DATA) recebe os dados do microcontrolador.



**Figura 3.5 – Circuito de Teste do Transmissor (Adaptado de KEYMARK, 2002).**

### 3.1.3 Antenas

Para aumentar o alcance de transmissão do dispositivo de monitoramento é necessária a construção de uma antena, para utilização dos módulos de transmissão e recepção. O alcance de um sinal de rádio frequência pode variar muito de acordo com o tipo de antena e do meio em que é utilizado. O fabricante recomenda a utilização de antena do tipo vertical com os seguintes comprimentos:

- Transmissor TXC1: Comprimento = 22,6 cm para 315 MHz; Comprimento = 17,2 cm para 434 MHz (KEYMARK, 2002).
- Receptor RXD1: Comprimento = 22,6 cm para 315 MHz; Comprimento = 17,2 cm para 434 MHz (KEYMARK, 2002).

Como o projeto foi concebido para trabalhar com a frequência de 433.92 MHz, o tamanho da antena utilizada foi de 17,2 cm para o receptor e para o transmissor. A antena foi construída com fio de cobre encapado de 0,5 mm de diâmetro atingindo um comprimento de 17,2 cm. Essa antena é muito eficiente e possui fácil implementação, devido a facilidade de encontrar os materiais necessários para sua construção.

### 3.1.4 Conversor ADC

Após a leitura o sensor de temperatura gera um sinal analógico. Faz-se necessário a conversão deste sinal analógico para um sinal digital. Utiliza-se um conversor analógico digital, que é responsável por converter grandezas analógicas em grandezas digitais. Este fará a conversão dos diversos níveis de tensão (sinal contínuo) contidos no sinal para um formato binário (sinal digital) que será utilizado posteriormente.

Dentre os diversos periféricos que o PIC 16F877A possui internamente, o conversor A/D (Analógico/Digital) de 10 bits é de extrema importância para o desenvolvimento deste projeto, pois o mesmo faz a conversão da tensão analógica de entrada medida pelo sensor de temperatura para um valor digital, possibilitando a leitura da temperatura em graus Celsius. Esta tensão analógica de entrada é proporcional a temperatura medida, sendo o valor digital convertido equivalente a mesma temperatura. O funcionamento do conversor A/D acontece da seguinte maneira:



O menor passo ou resolução do sinal analógico é dado diretamente pelo seu número de bits, sendo expresso pela Equação 3.1 (SOUZA, 2005).

$$Resolução = \frac{V_{ref}}{2^n} \quad (3.1)$$

Onde:

$V_{ref}$  é uma tensão de referência

$n$  é o número de bits do conversor

Cada um dos  $n$  bits que compõem a informação digital representa uma parcela do valor da tensão analógica a ser convertida, de forma que a soma de todas as contribuições de cada um dos  $n$  bits forma a tensão de entrada do conversor A/D. Assim, a parcela de tensão proporcional ao bit  $m$  do conversor é mostrada na Equação a seguir: (SOUZA, 2005)

$$V_{entrada} = \frac{b_m 2^{(m-1)}}{2^n} V_{ref} \quad (3.2)$$

Onde:

$b_m$  é o valor do bit  $m$ , sendo, 0 ou 1. Apenas os bits em 1 representam algum valor em termos de tensão analógica. Portanto, quanto maior a quantidade de bits, maior a resolução e a precisão do conversor.

O sistema de conversão utilizado pelo PIC16F877A é o conversor de aproximação sucessiva. Neste tipo de conversor, a conversão é realizada do bit mais significativo, que representa a metade da tensão de referência, para o menos significativo. Desta forma, é possível saber se a tensão de entrada é maior ou menor que a metade da tensão de referência. Conhecido o bit mais significativo, passa-se ao próximo bit, que representa a metade da metade da tensão de referência (SOUZA, 2005).

Esta forma de conversão é bastante ágil, pois para um conversor de  $n$  bits são necessárias  $n$  interações, independente do valor a ser convertido.

## 3.2 Dispositivo Gerencial

Este módulo é utilizado como monitor do sistema e tem como principal função receber as informações do dispositivo de monitoramento fixado ao paciente e emitir um alerta quando existir o aumento da temperatura. O diagrama de blocos (Figura 3.6) representa o funcionamento do Dispositivo Gerencial e seu fluxo de dados juntamente com a exposição do hardware utilizado.

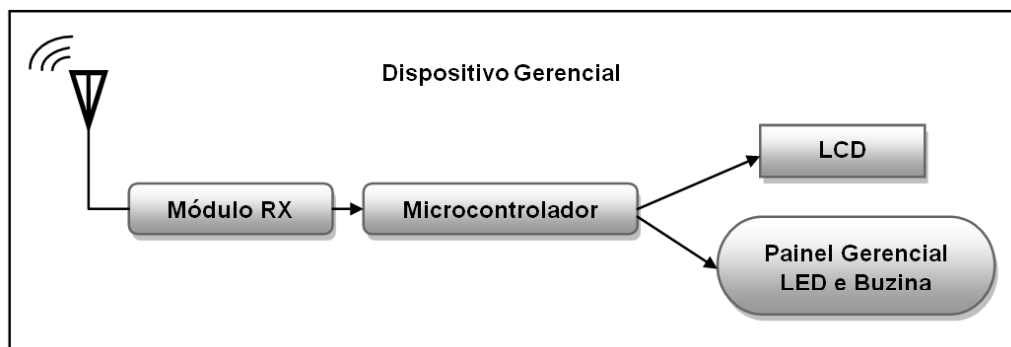


Figura 3.6 - Diagrama de Blocos Simplificado do Dispositivo Gerencial. (Autor)

Nas seções seguintes serão apresentadas as principais características técnicas de cada componente utilizado no desenvolvimento do dispositivo gerencial.

### 3.2.1 Módulo Receptor RXD1

É o componente do projeto responsável pela recepção dos dados enviados pelo dispositivo de monitoramento utilizando ondas de rádio operando na faixa de frequência 315 / 433.92 MHz. O receptor tem como característica principal monitorar constantemente a frequência designada (433.92 MHz) à procura de um sinal no ambiente. Quando o receptor recebe as ondas de rádio do transmissor, envia o sinal para filtros, que bloqueiam quaisquer outros sinais captados pela antena que estejam fora da frequência de 433 MHz. O sinal remanescente é convertido novamente em uma sequência de pulsos elétricos decodificados e enviados ao microcontrolador.

Cabe ressaltar que os módulos utilizados já saem de fábrica regulados através de tecnologia à laser, dispensando qualquer tipo de regulagem por parte do desenvolvedor.

Neste projeto, o módulo RXC1 (receptor) opera entre 4.0V e 5.0 V e seu consumo é de 12mA e é capaz de receber informações a uma taxa de 160kb/s (KEY-MARK, 2003).

Na Figura 3.7, são apresentadas as dimensões físicas do receptor e a especificação técnica de seus pinos. Existem oito pinos dos quais, cinco (os pinos 2,3, 4, 5 e 8) são responsáveis pela alimentação do transmissor. Os outros três pinos (1, 6 e 7) são responsáveis pela entrada e saída de dados recebidos.

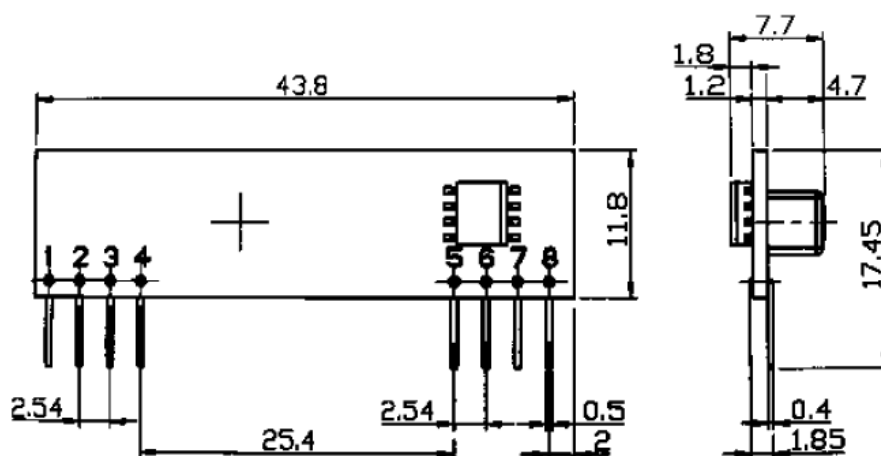


Figura 3.7 - Dimensões Físicas do Receptor. (KEYMARK, 2003)

Na tabela 3.2, são apresentadas as características e funções de cada um dos pinos do receptor.

Tabela 3.2 - Descrição da Função dos Pinos do Receptor. (KEYMARK, 2003)

Número do pino	Nome	Descrição
1	ANT	Entrada RF de antena de 50Ω. É isolada internamente da corrente.
2	GND	Pino do terra. Internamente ligada ao pino 4 (0V).
3	VCC	Alimentação do módulo de recepção.
4	0V	Terra do módulo de recepção.
5	VCC	Alimentação do módulo de recepção.
6	DATA	É a saída filtrada do sinal analógico do demodulador de FM (Frequency Modulation).
7	DATA	O sinal digital proveniente deste pino é uma versão em onda quadrada do sinal do pino 6. Pode ser utilizado para enviar informações para decodificadores externos. Os dados que saem deste pino são dados fiéis aos dados alimentados no transmissor.
8	GND	Pino do terra de RF.

### 3.2.2 Microcontrolador PIC16F877A

O microcontrolador a ser utilizado no projeto é o PIC16F877A que está presente para realizar o gerenciamento do dispositivo gerencial e interface com o usuário. O gerenciamento consiste em executar tarefas em tempos pré-determinados e monitorar o canal deste módulo, já a interface com o usuário é feita controlando um *display* LCD (descrição na próxima seção) e enviando dados a ele.

A estrutura de máquina interna dos microcontroladores da família PIC é do tipo Harvard, onde existem dois barramentos internos: um de dados e outro de instruções. Para o PIC o barramento de dados é de 8 bits e o de instrução podem ser de 12, 14 ou 16 bits. Essa característica lhe confere maior velocidade, pois, assim, uma instrução pode ser executada enquanto a outra é resgatada na memória (SOUZA, 2005).

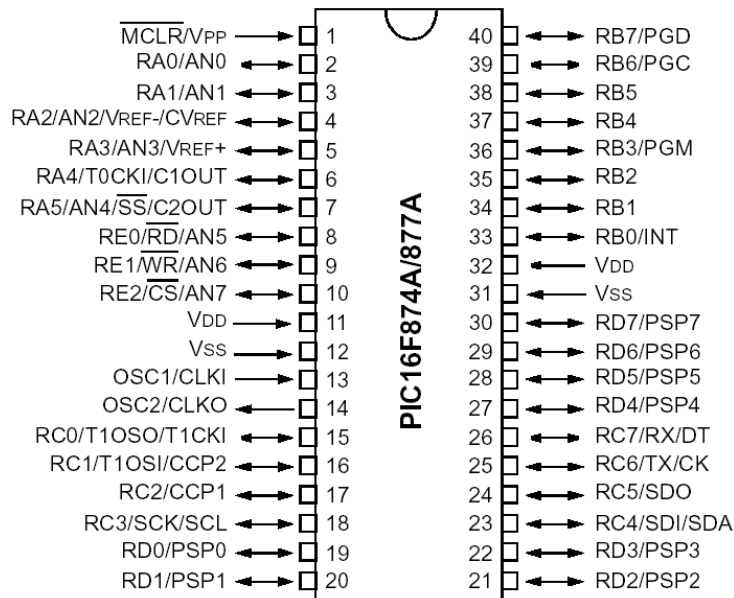
O microcontrolador PIC é fabricado pela empresa *Microchip Technology*. Dentre os modelos disponíveis está o PIC 16F877A, o qual utiliza a arquitetura RISC, *Reduced Instruction Set Computer* ou Computadores com Conjunto de Instruções Reduzidas, o que permite que este modelo tenha um *set* de instruções menor (ZANCO, 2006).

As principais características técnicas do PIC16F877A quanto ao barramento, temporizadores e memórias são: (SOUZA, 2005)

- Microcontrolador de 40 pinos;
- Frequência de operação de até 20 MHz;
- Memória *flash* de programa de 8kwords;
- 33 portas de Entrada/Saída;
- 15 interrupções disponíveis;
- Memória de programação E2PROM *FLASH*, que permite a gravação rápida do programa diversas vezes no mesmo *chip*, sem a necessidade de apagá-lo por meio de luz ultravioleta, como acontece nos microcontroladores de janela;
- Memória interna *RAM* (*Random Access Memory*) de 368 bytes;
- Três *timers* (2x8 bits e 1x16 bits);
- Memória EEPROM de 256 bytes;

- Conversores A/D (analógico-digital) de 10 bits (8x) e comparadores analógicos (2x);
- Comunicações seriais: SPI, I2C e USART.

A pinagem do microcontrolador utilizado pode ser vista na Figura 3.8. Este foi escolhido por possuir entradas de conversão A/D que serão utilizadas no projeto, portas exclusivas para a comunicação serial assíncrona ou síncrona - USART e pelo seu baixo custo em relação os seus recursos disponíveis.



**Figura 3.8 - Pinagem do Microcontrolador PIC16F877A da MicroChip. (SOUZA, 2005)**

Para este trabalho, são utilizados dois microcontroladores PIC16F877A. O primeiro com a função de receber as informações originárias do sensor de temperatura LM35 e o segundo de receber as informações enviadas via radiofrequência pelo transmissor e receptor do projeto realizando o controle de um painel gerencial e permitir a interação dos usuários com o sistema através de envio das informações a um display de LCD.

### 3.2.2.1 USART

O PIC 16F877A possui um módulo de transmissão e recepção de dados serial chamado de USART (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*). Com este sistema é possível implementar uma linha de comunicação com o PC, ou com outro microprocessador. Existem dois modos de comunicação serial dentro da

USART do PIC16F877A: Síncrono e assíncrono, ambos implementados por duas vias de comunicação. No modo síncrono, uma das vias é utilizada como *clock* (via de sincronismo) e a outra é utilizada para o tráfego de dados, em ambos os sentidos. Já no modo assíncrono, não existe uma via de sincronismo para o sistema. Assim sendo, uma das vias é utilizada para a transmissão (TX) e a outra para a recepção (RX) dos dados (SOUZA, 2007).

Um dos parâmetros necessários para a implementação de uma comunicação serial é a taxa de transferência (ou *baud rate*) que é utilizada na transmissão. O *baud rate* define o período de bit, também chamado de intervalo de sinalização. O período de bit é o tempo em que o bit permanecerá na linha de transmissão. O *baud rate* é a quantidade de bit que pode ser transmitido por segundo (bps) (ZANCO, 2006).

O padrão para ambas as linhas de comunicação é o nível lógico alto (5vcc). Quando a comunicação de um *byte* começa, a linha parte para nível lógico baixo (GND), permanecendo desta forma pelo tempo de 1 bit (Tbit). Esse intervalo especifica em zero (0) é chamado de *Start Bit* e serve para sincronizar a recepção do dado. Depois disso, 8 bits são transmitidos, respeitando-se a relação lógica de tensão (0=GND e 1=5V). No final, obrigatoriamente deve voltar ao nível alto, para que o próximo *Start bit* seja reconhecido (ZANCO, 2006).

Como pode ser observado na Figura 3.9, o *Start Bit* inicia a transmissão colocando a linha de transmissão em nível 0. Essa transição de 1 para 0 é a senha para informar ao receptor que uma transmissão se inicia. Depois do *Start Bit*, são transmitidos os bits de dados, começando pelo bit menos significativo. Finalmente é transmitido o *Stop Bit*, sinalizando para o receptor que a transmissão terminou. O *Stop Bit* tem o mesmo nível do meio ocioso, ou seja, nível 1. Após a transmissão do *Stop Bit*, a linha de transmissão entra novamente no estado de meio ocioso, aguardando que outra transmissão tenha início (ZANCO, 2006).



Figura 3.9 – Transmissão modo assíncrono. (SOUZA, 2007)

É importante que ambos os lados (Transmissão e Recepção) estejam configurados para operar com a mesma quantidade de bits.

Neste projeto é utilizada a configuração mais comum de 8 bits de dados (sem paridade) com 1 bit de stop.

### 3.2.3 LCD (Liquid Display Cristal)

Em sistemas microprocessados é comum o uso de módulos LCD para interfaces da saída. Estes módulos fazem uso de um controlador próprio, isto é, através de poucos pinos de controles e um barramento de dados de 8 ou 4 bits é possível controlá-lo, facilitando sua integração com módulos microprocessados.

Na Figura 3.10 é apresentado o *layout* do módulo LCD utilizado no trabalho para realizar a interação do usuário com o protótipo. O LCD tem a função de receber as informações do microcontrolador e apresentar ao usuário de forma rápida e confiável a leitura realizada no instante.

A tabela 3.3 apresenta a descrição dos pinos do módulo LCD com 2 linhas por 16 colunas utilizados no projeto.

**Tabela 3-3 - Pinos do módulo LCD (AMPIRE, 1999).**

Número do pino	Função	Descrição
1	Alimentação	Terra GND
2	Alimentação	VCC ou +5V
3	VO	Tensão para ajuste de contraste
4	RS	Seleção: 1 – Dado, 0- Instrução
5	R/W	Seleção: 1 – Leitura, 0 – Escrita
6	E Chip Select	1 ou (->0) – Habilita, 0 – Desabilita
7 – 14	B0 LSB a B7 MSB	Barramento de Dados
15	A	Anodo para LED Backlight
16	K	Catodo para LED Backlight

## CAPITULO 4 – IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo são apresentados os procedimentos adotados para a implementação do projeto. A descrição da implementação realizada ao longo da elaboração do projeto está descrita por dispositivos, auxiliando o desenvolvimento, implementação e entendimento do projeto.

### 4.1 Protótipo do Dispositivo de Monitoramento

O Dispositivo de Monitoramento é o módulo do sistema onde está alocado o sensor que realiza a aferição da temperatura, disponibilizando a informação ao microcontrolador pela porta RA0 (programada para entrada analógica) do Microcontrolador PIC16F877A que recebe a informação e realiza a conversão analógica/digital e disponibiliza ao transmissor, pela porta (**RC6/TX/CK**), que envia a informação do sensor de temperatura ao Dispositivo Gerencial por radiofrequência.

Para aferir a temperatura, foi utilizado um sensor de temperatura analógico modelo LM35, da *Nacional Semicondutores*. O sensor encontra-se alimentado por uma tensão de +5V, conforme recomendado pelo fabricante. Foi acoplada uma bateria de +9V ao dispositivo para a alimentação e utilizou-se de um regulador de tensão modelo 78L05 da *Nacional Semicondutores*, para adequar a tensão em +5V. Utilizando o conversor analógico/digital do PIC16F877A, o sinal enviado pelo sensor é convertido em sinal digital. Na conversão foi utilizado o máximo de bits – 10 bits - de resolução suportado pelo microcontrolador PIC 16F877A, visando aumentar a precisão da leitura do sensor.



Como foi exposto no capítulo 3, a resolução do conversor analógico/digital é dada diretamente pelo seu número de bits e pode ser expresso pela equação 3.1, a mesma utilizada neste projeto.

$$Resolução = \frac{V_{ref}}{2^n} = \frac{5V}{2^{10}} = 4,883 \text{ mV} \quad (3.1)$$

Ou seja, para um resultado igual a 100 (decimal), teremos uma tensão de:

$$Tensão = 100 * 4,883mV = 0,4883 V$$

Com isso, foi necessário na programação realizar a multiplicação do valor convertido de analógico para digital pelo valor da resolução para adequar o resultado a ser visualizado no LCD.

Após a conversão analógica/digital e utilizando o protocolo de comunicação USART abordado no capítulo 3 a informação é enviada serialmente pela porta (**RC6/TX/CK**) do microcontrolador. Este dado é enviado ao transmissor que envia uma sequência de pulsos elétricos com a informação ao dispositivo gerencial.

#### **4.1.1 Implementação do Hardware do Dispositivo de Monitoramento**

O dispositivo de monitoramento foi desenvolvido utilizando materiais encontrados em lojas especializadas de eletrônica. Todo o projeto de construção e utilização dos componentes foram simulados e desenhados utilizando o software Proteus da LabCenter (Versão 7.2). Conforme pode ser observado na Figura 4.1, onde é apresentada a visualização do desenho para construção e impressão da placa do circuito elétrico.



O Dispositivo de monitoramento é composto pelos seguintes componentes:

- 1 – Fonte de Alimentação de 9V;
- 2 – Regulador de tensão 78L35 de 5V;
- 3 – Sensor de temperatura LM35;
- 4 – Microcontrolador PIC 16F877A;
- 5 – Transmissor TXC1 de 433.92 MHz;
- 6 – Antena.

Cabe ressaltar que a construção do dispositivo foi necessária pelo fato de ter disponível para a elaboração do projeto um único kit didático LABPIC que foi fornecido pela universidade (Figura 4.3).

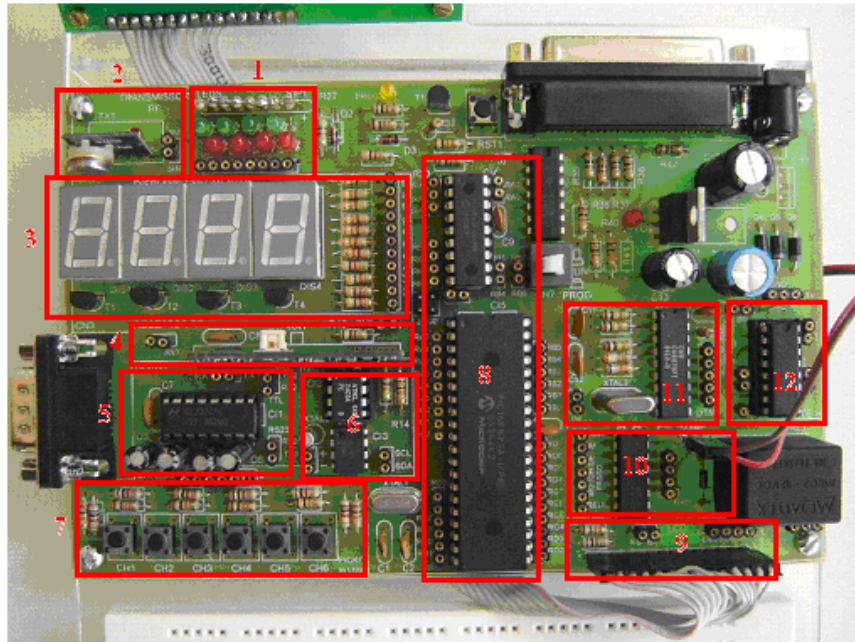
## **4.2 Protótipo Dispositivo Gerencial**

O dispositivo Gerencial é um sistema que tem por finalidade receber a informação transmitida via radio frequência pelo dispositivo de monitoramento e realizar uma avaliação da variação térmica do corpo entre uma faixa preestabelecida, conforme demonstrado na tabela 2.1 - Nomenclatura das Variações Térmicas do Organismo do capítulo 2 – REFERENCIAL TEÓRICO.

Para compor o dispositivo gerencial foi utilizado o KIT didático LABPIC que é um kit para desenvolvimento de projetos eletrônicos microcontrolados com intuito de proporcionar o máximo em desenvolvimento de protótipos, o qual possui vários componentes eletrônicos integrados, facilitando os projetos que utilizam microcontroladores.

Diferentemente de outros kits, não existem ligações físicas permanentes entre o microcontrolador e os periféricos. Desta forma, é possível fazer todas as ligações, adequando o hardware ao projeto de interesse.

O KIT é um componente fundamental desse protótipo, juntamente com o painel de gerencial desenvolvido que será abordado posteriormente. O Kit e seus componentes podem ser visualizados na Figura 4.3, conforme a seguir:



**Figura 4.3 - Kit de desenvolvimento LABPIC.**

O LABPIC é composto de 12 módulos:

- 1 – Oito leds, sendo quatro vermelhos e quatro verdes, anodo comum, com ligações individuais;
- 2 – Transmissor RF 443MHz;
- 3 – 4 displays de 7 segmentos, catodo comum, com ligações individuais;
- 4 – Receptor RF 443MHz;
- 5 – Interface serial RS-232 e TTL;
- 6 – Bloco I2C, com memória EEPROM 24C04 e DS1307;
- 7 – 6 chaves tipo *push-button*, com circuito fechado para o terra;
- 8 – 2 microcontroladores PIC: 16F877A e 16F628A, com um cristal de 4MHz;
- 9 – LCD ligado em 4 bits;
- 10 – Lâmpada, alto-falante, relé e driver para motor de passo;
- 11 – Decodificador DTMF;
- 12 – Ponte H.

Dentre os diversos componentes existentes no kit somente foram utilizados na implementação no projeto os seguintes itens:

1. Fonte de alimentação de 12 volts;
2. Receptor RF 433Mhz;
3. Microcontrolador PIC 16F877A;
4. Display LCD 16x2.

Os componentes principais do dispositivo gerencial são o receptor e o microcontrolador. O primeiro é responsável por monitorar constantemente a frequência designada (neste projeto é 433 MHz) à procura de um sinal disponível. Quando o sinal é encontrado este é convertido novamente em uma sequência de pulsos elétricos decodificados e enviados para o microcontrolador.

O dado recebido pelo receptor é enviado à porta (**RC7/RX/DT**) do microcontrolador que utilizando o protocolo de comunicação USART abordado no capítulo 3 – DESCRIÇÃO DO HARDWARE. Os dados são carregados na variável TEMP e é realizado o controle do Painei Gerencial e o LCD.

#### **4.2.1 Implementação do Hardware do Dispositivo Gerencial**

Para implementação do Dispositivo Gerencial foi utilizado o KIT de desenvolvimento LABPIC. Como dito anteriormente o kit LABPIC não dispõem de ligações físicas permanentes entre o microcontrolador e os periféricos como o LCD e o Receptor. Todas as ligações foram feitas utilizando-se de fio de cobre fino encontrado em cabos de telefones. Na figura 4.4 pode ser visualizado o dispositivo gerencial montado e em funcionamento.



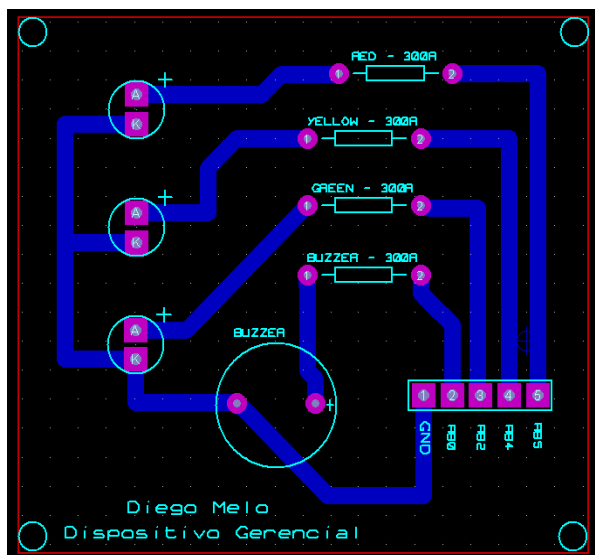
**Figura 4.4 - Montagem do Dispositivo Gerencial (Autor)**

O LCD (*Display Liquid Cristal*), já incluso no kit LABPIC, é utilizado para visualização da temperatura, de acordo com o sinal enviado pelo sensor de temperatura do dispositivo de monitoramento. Sendo assim, os valores são mostrados na escala Celsius.

#### **4.2.2 Implementação do Hardware do Painel Gerencial**

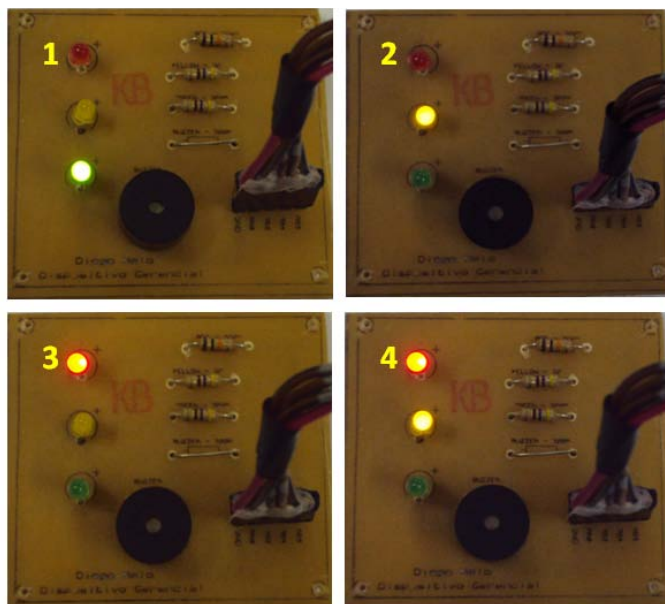
Em complemento ao kit especificado anteriormente foi desenvolvida uma placa com a finalidade de servir como um painel gerencial. Este painel é composto por LED e um buzzer e tem como finalidade demonstrar de acordo com a temperatura aferida pelo sensor, os níveis ou zonas de temperaturas que estão sendo mostradas no LCD.

O painel gerencial foi desenvolvido utilizando materiais encontrados em lojas especializadas em eletrônica. Todo o projeto de construção e utilização dos componentes foi desenhado e simulado utilizando o software Proteus da LabCenter (Versão 7.2). Na Figura 4.5, é apresentado o desenho para impressão e construção da placa.



**Figura 4.5 - Desenho do circuito do Painel Gerencial.**

Na figura 4.6 é apresentada a construção da placa e os estágios do painel gerencial de acordo com as faixas de temperaturas especificadas no *firmware* do microcontrolador.



**4.6- Funcionamento do Painel Gerencial (Autor)**

- 1 – Led Verde – Indicação de temperatura até 36,0°C;
- 2 – Led Amarelo – Indicação de temperatura na faixa de 36,5° a 38°C;
- 3 – Led Vermelho – Indicação de temperatura na faixa de 38,5° a 39°C;
- 4 – Buzzer – Indicação de temperatura acima de 39,0°C.

O funcionamento de ativação do painel gerencial é bem simples. Quando o pino ao qual está conectado no microcontrolador é levado a nível lógico 1, através de programação, os leds e o buzzer são acionados de acordo com a temperatura aferida no sensor do dispositivo de monitoramento. Quando este mesmo pino é levado a nível lógico 0, os leds e o buzzer são desligados.

### 4.3 Implementação do *Firmware*

O *firmware* é um programa dedicado exclusivamente a um *hardware*, isto é, tem como função gerenciar os sistemas embarcados do *hardware*. O desenvolvimento é todo feito no microcomputador, sendo migrado para o microcontrolador após o seu desenvolvimento e a compilação em formato hexadecimal. O microcontrolador utilizado neste projeto foi descrito no capítulo 2 – REFERENCIAL TEÓRICO o PIC16F877A da Microchip.

Neste projeto, foi utilizada a linguagem C, uma vez que o código final desenvolvido não se tornou muito extenso e não há necessidade de lidar com interrupções ou com o gerenciamento de recursos compartilhados. Existem outras linguagens conhecidas que são aceitas pelos microcontroladores, no entanto seu entendimento e desenvolvimento torna-se mais complexo por se tratar de código de baixo nível.

A escolha da linguagem de programação C, para utilizar nos microcontroladores, deve-se à maior facilidade de implementação do código fonte, tornando-o mais amigável para quem o desenvolve. No entanto, seu código fonte final torna-se mais extenso e desta forma ocupa um espaço maior na memória.

Para o desenvolvimento e simulação para esta etapa do projeto, utilizou-se das seguintes ferramentas:

- MikroC – MikroElektronica C Compiler da Microchip PIC Microcontrollers Versão 8.2.0.0 – Software utilizado para a implementação do código na linguagem C e conversão em formato em Hexadecimal para embarcar no microcontrolador PIC16F877A;
- ICPROG – gravação da programação em formato .HEX no microcontrolador.



O software está dividido em duas partes distintas. O software de captura das informações do sensor de temperatura e envio ao transmissor, e não menos importante o *firmware* que realiza o controle do dispositivo gerencial e a interface com o usuário do hardware através do LCD.

#### 4.3.1 Especificação do *Firmware*

O código-fonte do dispositivo de monitoramento e gerenciamento foi desenvolvido no compilador *MikroC Compiler* da Microchip. Foi utilizada a linguagem de programação C para o desenvolvimento do mesmo, pois além de sua praticidade, esta linguagem possui ampla gama de funções e manipulação de variáveis.

Com a programação devidamente concluída, foi feita a compilação do programa, onde o compilador transforma o código em um arquivo de instruções sequenciais de extensão \*.HEX. Na Figura 4.7 é mostrado o processo de compilação do programa desenvolvido.

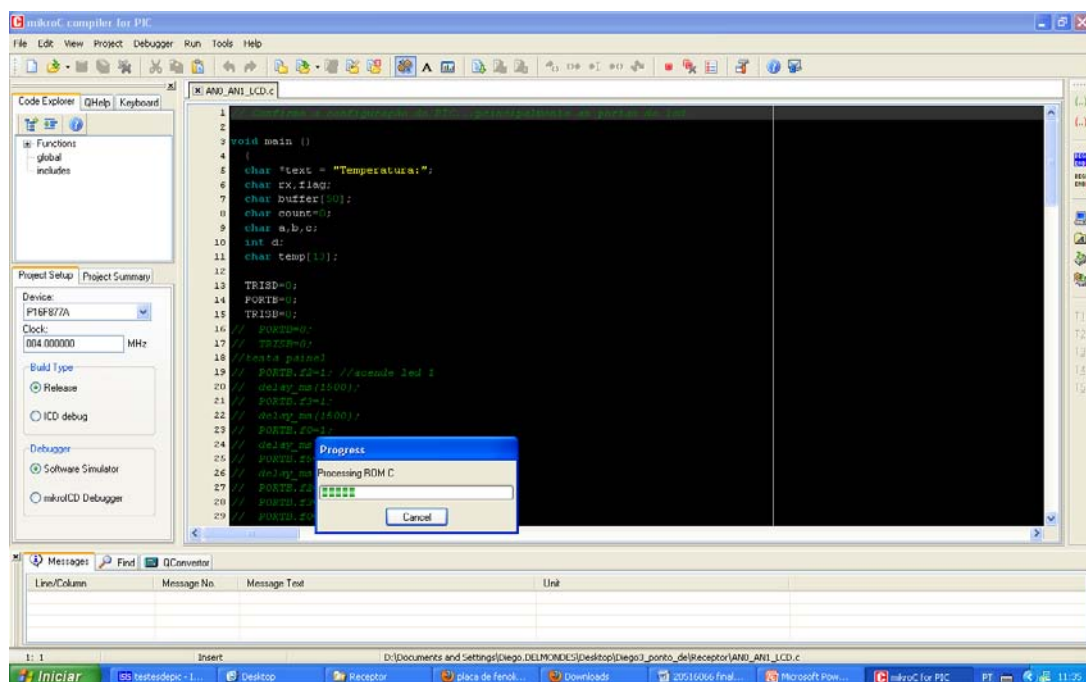
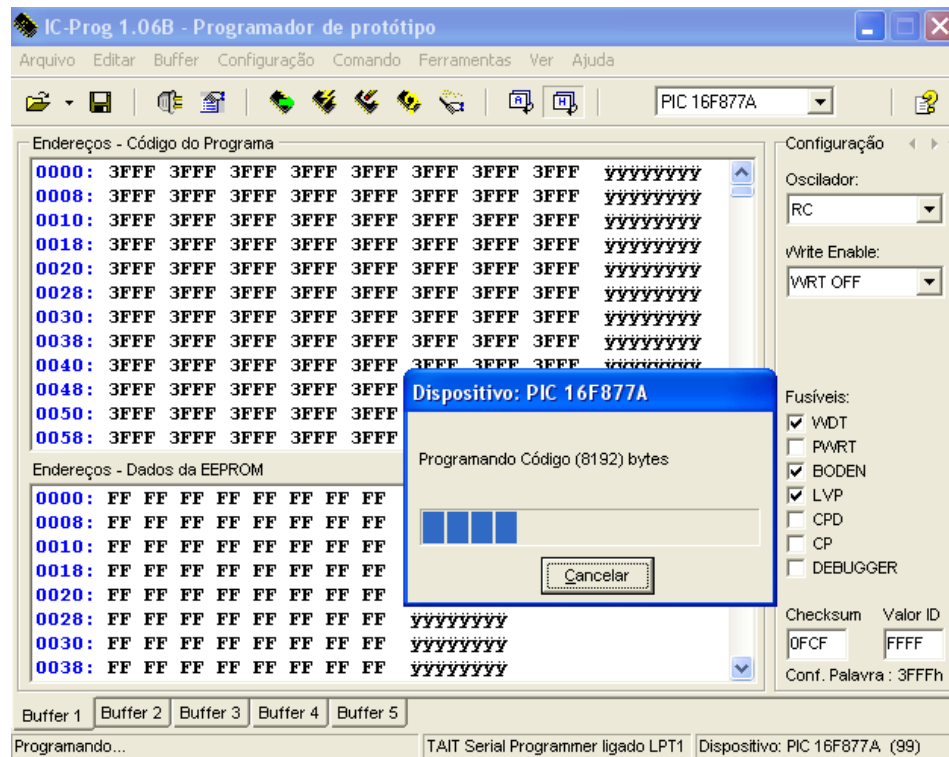


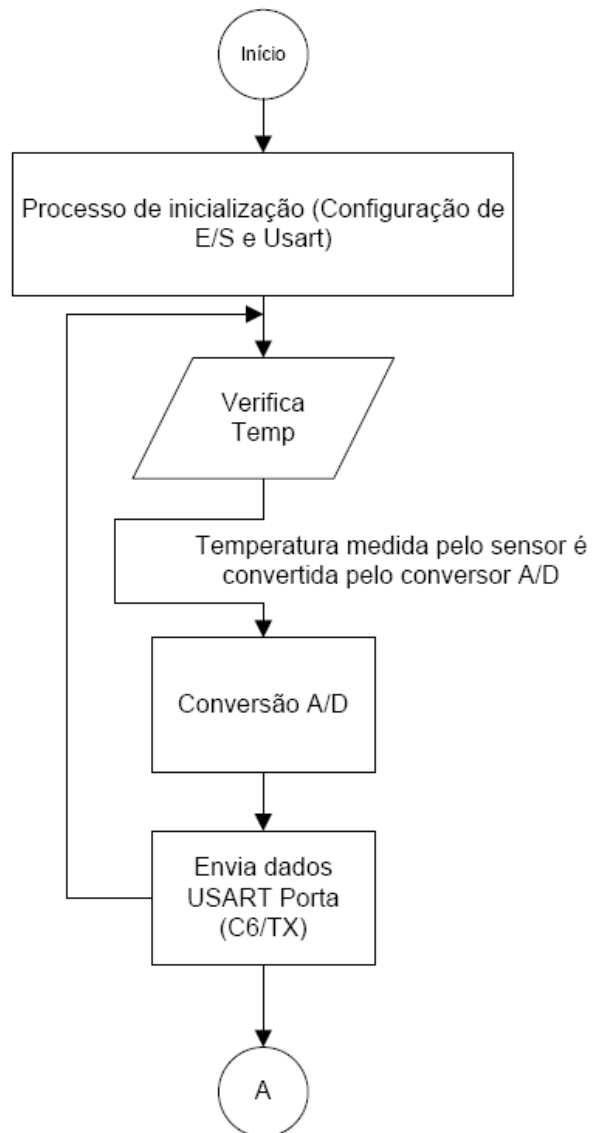
Figura 4.7 - Compilação do *Firmware* do Dispositivo Gerencial.

Realizada a compilação foi utilizado o programa IC-PROG 1.06B para realizar a gravação do programa em formato .HEX na memória dos microcontroladores do dispositivo gerencial e do dispositivo de monitoramento. A figura 4.8 ilustrada a gravação do código-fonte na memória dos microcontroladores utilizando a porta serial do kit LABPIC.



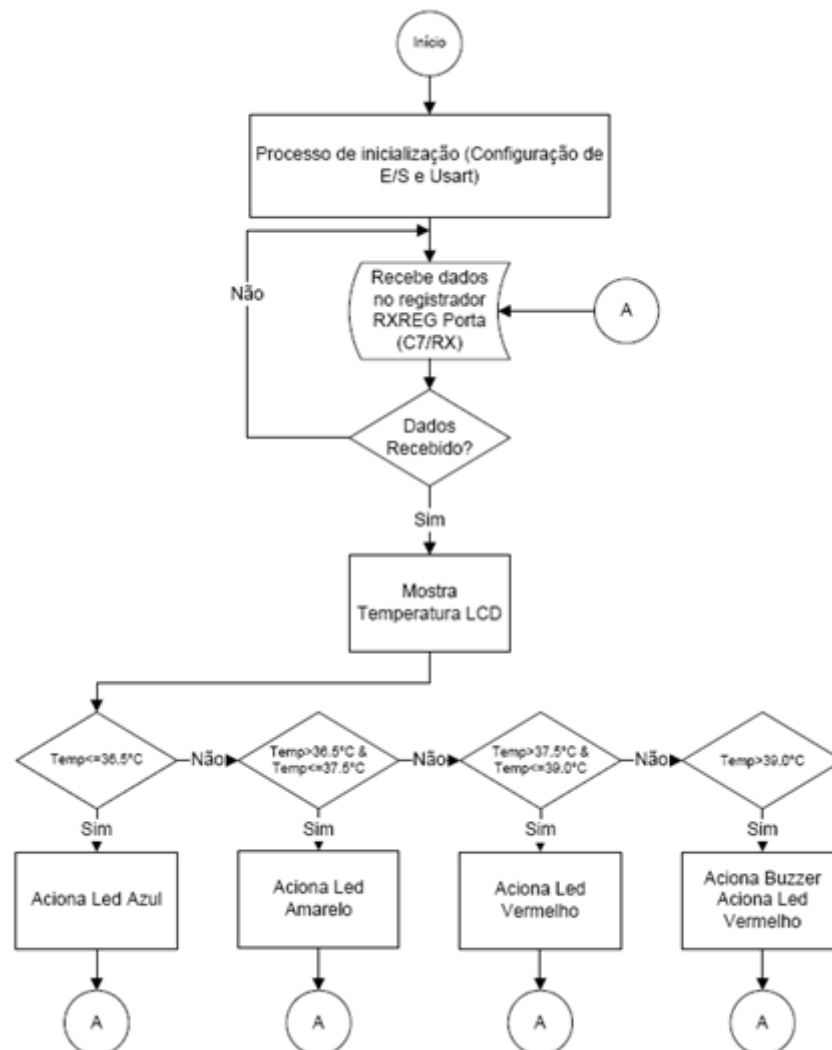
**Figura 4.8 - Gravação do código na memória do PIC**

Os fluxogramas mostrados nas Figuras 4.9 e 4.10 idealizam o funcionamento dos *firmwares* dos dispositivos de monitoramento e gerenciamento.



**Figura 4.9 - Fluxograma de funcionamento do Dispositivo de Monitoramento.**

Primeiramente, são estabelecidas as configurações para gravação no microcontrolador. Depois é realizada a definição e inicialização das variáveis e constantes internas. As entradas e saídas são configuradas e, em seguida, é realizada a definição das funções utilizadas no programa. O PIC é inicializado ao se ligar o KIT e então se inicia a rotina principal. Com o sinal da temperatura aferida pelo sensor na porta RA0 a rotina captura a informação e a disponibiliza na porta de transmissão serial do microcontrolador. Após o envio da informação a rotina verifica no *buffer* do microcontrolador se todas as informações foram transmitidas. Em caso afirmativo a rotina é direcionada para realizar uma nova leitura e transmissão.



**Figura 4.10 - Fluxograma de funcionamento do Dispositivo Gerencial.**

Primeiramente, são estabelecidas as configurações para gravação no microcontrolador. Depois é realizada a definição e inicialização das variáveis e constantes internas. As entradas e saídas são configuradas e, em seguida, é realizada a definição das funções utilizadas no programa. O PIC é inicializado ao ligar-se o dispositivo gerencial e então se inicia a rotina principal. Esta inicializa o LCD e verificar no *buffer* do microcontrolador a existência de dados a serem recebidos serialmente. A rotina fica em *loop* até receber dados serialmente. Com a confirmação da informação disponível é carregado o dado na variável que ajusta a resolução da temperatura recebida multiplicando-se pelo valor correspondente da utilização de 10 bits de conver-

são abordados no capítulo 4 – subitem 4.1. Após o ajuste da temperatura a informação é enviada ao LCD para atualização. Logo em seguida a rotina compara a temperatura recebida com várias condições. Para cada condição a rotina aciona uma porta do microcontrolador, conforme abordado no capítulo 4 - subitem 4.2.2. Em seguida a rotina é direcionada para uma nova leitura de *buffer* a procura de novos dados recebidos.

A Figura 4.11 apresenta o processo de comunicação utilizado entre os dispositivos de monitoramento e de gerenciamento.

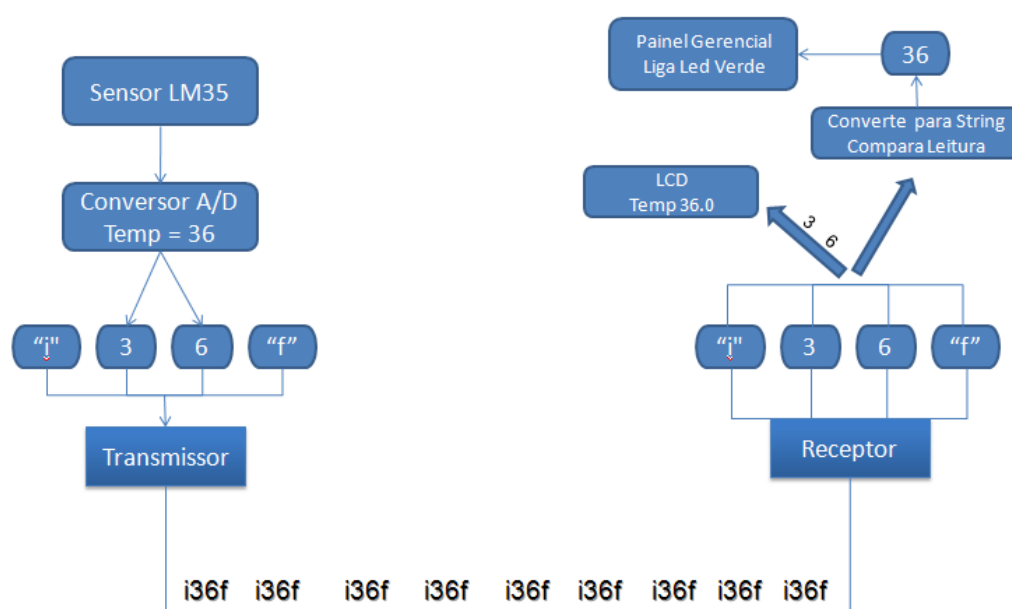


Figura 4.11 – Esquema de funcionamento da comunicação entre os dispositivos.

A informação enviada pelo sensor de temperatura é convertida em sinal digital e armazenada em um vetor de duas posições. Esta informação é transmitida entre dois caracteres de controles "i" e "f". Estes caracteres têm a responsabilidade de realizar o controle de recebimento dos dados pelo transmissor. Quando o dado é recebido pelo transmissor e os caracteres de controles são transmitidos na ordem correta e reconhecidos pelo programa desenvolvido embarcado no dispositivo de gerenciamento, os valores são armazenados em um *buffer* e posteriormente carregados em uma variável. O dado armazenado é enviado e mostrado no LCD e, após conversão em *string*, é utilizado pela rotina de controle do painel gerencial para acionar o conjunto de *leds* e o *buzzer* de acordo com a temperatura aferida.

## CAPITULO 5 – SIMULAÇÕES E RESULTADOS

### 5.1 Simulações

Antes da montagem do protótipo físico foram realizadas simulações no programa Proteus. Conforme pode ser observado nas Figuras 5.1 e 5.2 o dispositivo de monitoramento e o dispositivo gerencial foram montados com todos os componentes necessários para o funcionamento do hardware, como se fosse montado fisicamente. A utilização do software de simulação foi de extrema importância para a realização do projeto, pois possibilitou identificar as falhas da utilização de componentes e, principalmente, para debugar os programas para transmissão, recepção e controle dos periféricos. Os programas, do dispositivo de monitoramento e do dispositivo gerencial, foram embarcados nos respectivos microcontroladores e foram realizados os ajustes necessários.

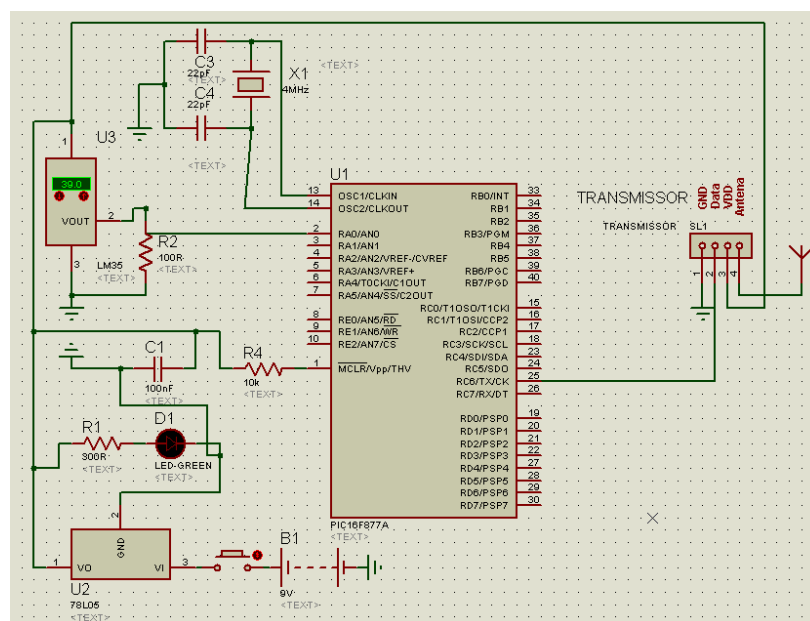


Figura 5-1 - Simulação do circuito elétrico Dispositivo Gerencial.

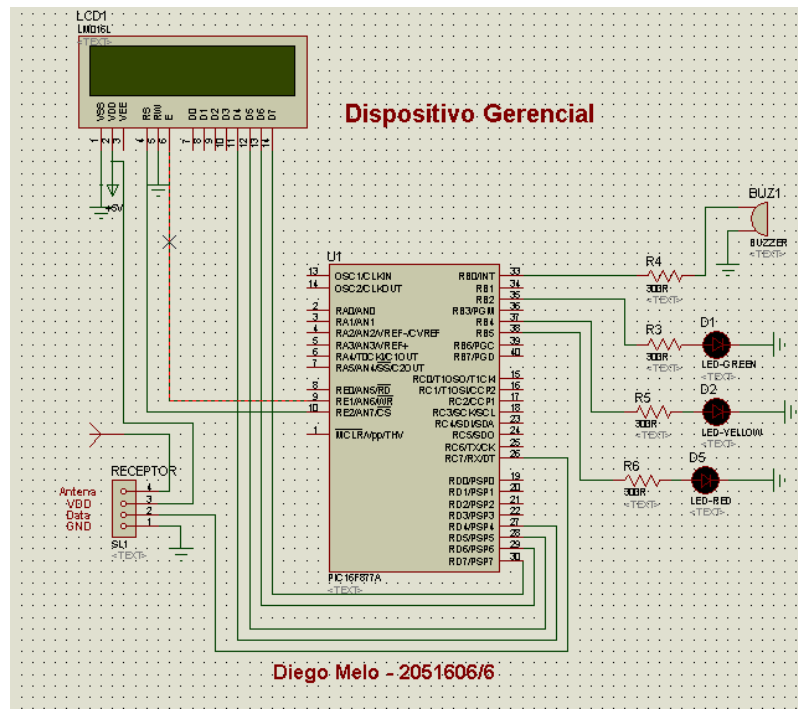


Figura 5-2 - Simulação do circuito elétrico Dispositivo de monitoramento.

Por uma limitação da ferramenta Proteus, que não possibilita a simulação de transmissão sem fio entre os dispositivos, os testes foram realizados com a comunicação ponto a ponto utilizando um barramento direto da porta (**RC6/TX/CK**) do microcontrolador do dispositivo de monitoramento para a porta (**RC7/RX/DT**) do microcontrolador do dispositivo gerencial.

Como se pode observar na figura 5.3 as simulações foram satisfatórias viabilizando a construção do hardware fisicamente.

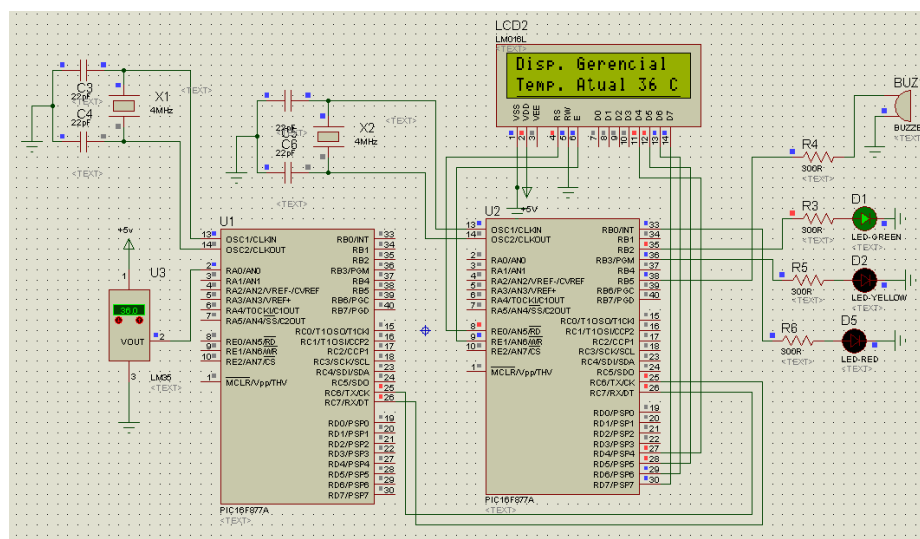


Figura 5.3 - Simulação dos dispositivos.

Após a montagem do protótipo a partir do hardware especificado, possibilitando a aferição da temperatura de um corpo e o devido controle do painel gerencial, iniciaram-se os testes, primeiramente utilizando um fio para realizar a comunicação do PIC do dispositivo de monitoramento para o PIC do dispositivo gerencial.

Conforme pode ser observado na figura 5.4, as simulações foram satisfatórias viabilizando a realização dos testes utilizando-se dos módulos de transmissão e recepção dos dispositivos.



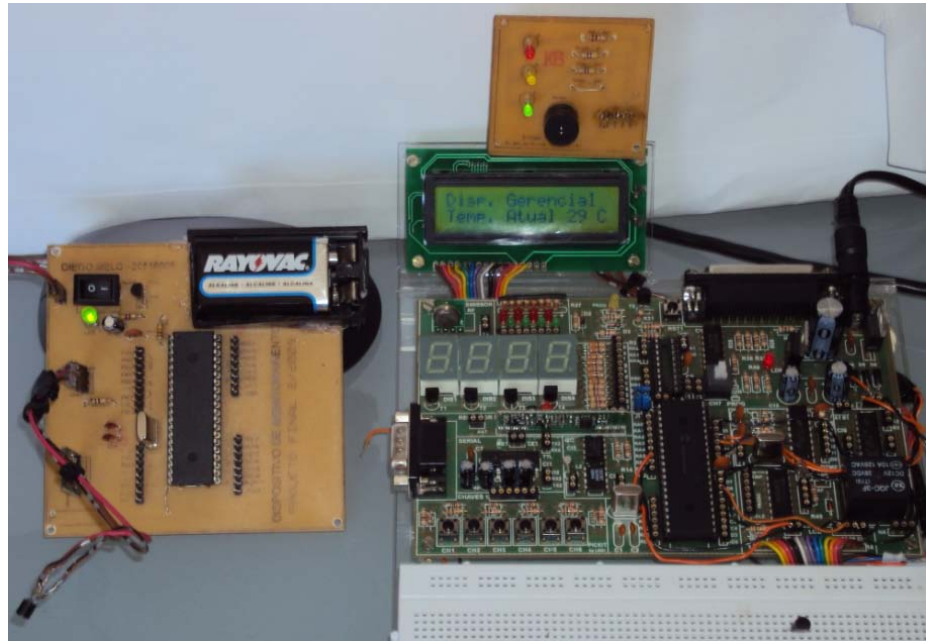
**Figura 5.4 - Teste dos dispositivos.**

Após o sucesso com a comunicação fio a fio, iniciaram-se os testes, levando-se em conta os objetivos propostos.

Nos primeiros testes realizados foram identificados problemas para a comunicação serial entre os módulos. Foi observado que o sinal emitido pelo transmissor não estava sendo modulado corretamente e o receptor estava capturando somente ruídos no ambiente, deixando o dispositivo gerencial incapaz de realizar o controle do painel gerencial e do LCD. O protótipo também apresentou uma demora em resposta a uma variação de temperatura no sensor. A demora deu-se pela necessidade de se utilizar um grande número de retardos na programação do microcontrolador para o correto funcionamento do conversor analógico/digital, transmissão do sinal, recepção do sinal e atualização do LCD.

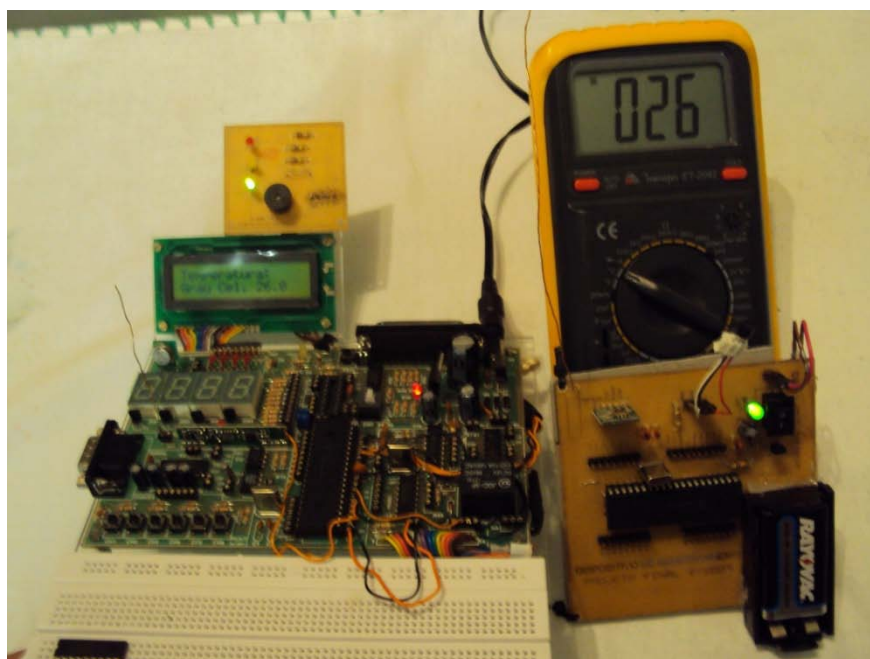


O projeto mostrou a capacidade de realizar a aferição da temperatura, enviar a temperatura ao dispositivo gerencial e realizar o controle do painel gerencial acionando os leds e o *buzzer* de acordo com a temperatura aferida (Figura 5.5).



**Figura 5.5 - Monitoramento da Temperatura e acionamento do Painel.**

Conforme mostrado na Figura 5.6 foi utilizado o sensor de temperatura do multímetro *Minipa ET-2042* para comparação da temperatura detectada pelo sensor do projeto.



**Figura 5.6 – Comparação entre as aferições de temperatura**

## 5.2 Problemas Encontrados

Inicialmente tinha-se como proposta do projeto a utilização de um termômetro digital comercial como sensor de temperatura. Como o dispositivo já é preparado e calibrado para realizar este tipo de leitura, pensou-se na confiabilidade da leitura e da exatidão dos dados. Contudo, em testes de laboratório foi identificada a impossibilidade de ter acesso aos dados lidos pelo dispositivo inviabilizando a sua utilização.

Para substituição do termômetro digital comercial, optou-se pela utilização de um sensor digital para realizar a função. Contudo, após pesquisa, o produto mostrou-se incompatível com o projeto pelo seu preço de mercado, aproximadamente R\$100,00, não se encaixando no objetivo principal do projeto que é a construção de um dispositivo de aferição de temperatura sem fio de baixo custo. Após simulações no software Proteus o sensor analógico LM35 apresentou uma resposta satisfatória. O mesmo também é de fácil aquisição no mercado e o seu preço acessível.

Pela escolha do sensor integrado LM 35 o projeto perdeu a precisão da leitura. Pelo fato do sensor ter uma precisão de 1 grau Celsius o projeto mostrou-se inviável para utilização para aferição da temperatura corporal. Contudo não haveria tempo hábil para substituição do sensor analógico por sensor digital, ficando a proposta de troca de sensores como sugestão para trabalhos futuros.

Outro problema encontrado no decorrer do desenvolvimento do projeto foi à utilização do KIT LABPIC utilizado pela universidade. Os Kits apresentaram incompatibilidade de trabalhar com as oito portas disponíveis para acionamento do LCD. Esta limitação atrasou a realização do projeto, pois toda a programação de acionamento do LCD teve que ser alterada para trabalhar somente com quatro portas. O problema foi resolvido com o desenvolvimento de um *firmware* capaz de acionar o LCD enviando os quatro bits mais significativos e posteriormente os quatro bits menos significativos possibilitando assim a utilização do KIT.

Dentre todos os problemas encontrados na implementação do projeto a comunicação sem fio foi sem dúvida a que mais prejudicou o término do projeto. Na criação do dispositivo de monitoramento, quando se implementou a aquisição dos dados pelo microcontrolador, houve muitos problemas para o entendimento da utilização da

transmissão serial (USART). Isto, pelo fato de que para inicialização de cada funcionalidade, há uma grande quantidade de registradores a serem configurados via software e a necessidade de que os dois componentes tivessem suas configurações idênticas, e ainda, a dificuldade de realizar a sincronização de recebimento de pacotes pelo receptor. Com esses problemas, o projeto teve um atraso significativo diminuindo o tempo para a realização de testes e ajustes do protótipo.

## CAPITULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 Conclusão

O projeto visa proporcionar uma melhor qualidade de vida para os pais e crianças que sofrem de convulsão febril, proporcionando maior segurança e independência. Pensando nisso desenvolveu-se um sistema capaz de detectar a ocorrência da elevação da temperatura, e em caso de elevação acima dos níveis que coloquem a criança em risco o sistema envia um alerta através de uma transmissão RF para outro microcontrolador responsável em emitir sinais de alerta.

Apesar de todos os problemas encontrados o objetivo do trabalho foi alcançado. O projeto é capaz de aferir, transmitir medidas a outro dispositivo por radiofrequência. Contudo, o projeto apresentou limitações em *hardware* e *software* que não possibilitaram uma adequada taxa de variação, precisão e confiabilidade. O sensor utilizado no projeto mostrou-se incapaz de atender às reais necessidades de variação da temperatura do corpo humano, que estaria na faixa de variação de 0,2 graus Celsius. Neste projeto, somente foi possível chegar a precisão de 1,0 grau Celsius. Cabe ressaltar que nas simulações realizadas no simulador Proteus o sensor LM35 respondeu satisfatoriamente as variações, contudo quando da montagem do *hardware* físico, o componente teve outro comportamento. Com o avançar do projeto e o prazo findado para entrega do projeto não foi possível realizar a substituição do sensor analógico por outro modelo, como sensores digitais que trariam uma maior confiabilidade ao sistema. Tal limitação pode ser resolvida em projetos futuros.

Embora tenham existido algumas fontes de interferência perturbando o bom funcionamento da transmissão dos dados, os resultados foram atingidos com sucesso, pois os valores de temperatura digitalizados que foram remetidos pelo dispositivo de monitoramento foram lidos, interpretados pelo microcontrolador do dispositivo gerencial, acionando o painel gerencial e apresentado o resultado no LCD.

O presente projeto é apresentado como uma oportunidade de incorporar novos conhecimentos sobre tecnologia recentes, muito utilizadas no mercado da biotecnologia e outros projetos. Este mercado está sempre em expansão devido ao grande volume de possibilidades a serem exploradas, unindo-se a medicina com a engenharia da tecnologia para o desenvolvimento de soluções eficazes, visando à prevenção e diagnósticos cada vez mais precisos.

## **6.2 Sugestão para Trabalhos Futuros**

A transmissão sem fio da aferição da temperatura do corpo humano descrita neste projeto, apesar de completamente funcional e dentro dos objetivos propostos, aceita diversos aperfeiçoamentos.

Como proposta de trabalhos futuros, pode-se citar a melhoria deste protótipo através da substituição do sensor analógico por múltiplos sensores digitais, onde teria uma melhor precisão da temperatura corporal.

Além disso, pode-se buscar uma miniaturização do protótipo para possibilitar a utilização do dispositivo de monitoramento fixado ao corpo da criança.

Outra função interessante a ser acrescida, seria a implementação de um protocolo de comunicação com dispositivo de transmissão e recepção mais preciso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 1. Livros consultados:

AMPIRE Technology. Data Sheet LCD MODULE. Taiwan, 1999.

KEYMARK Technology. Data Sheet ASK Transmitter Module. USA 2002

KEYMARK Technology. Data Sheet ASK Receiver Module. USA. 2003

MARCONDES, Eduardo. Pediatria Básica. Ed. Savier, São Paulo, 2003.

MARTINS, Nardênio Almeida. Sistemas Microcontrolados. 1Ed. São Paulo: Novatec, 2005.

NATIONAL semiconductor. Data sheet LM35/LM35A/LM35C. USA,1994.

PERNETTA, Cesar. Semiologia Pediátrica. 5ed. São Paulo. Guanabara, 1998.

SOARES, L.F.G & LEMOS, Guido & COLCHER, Sérgio. Redes de Computadores – Das Lans, Mans e Wans às Redes ATM. 2.Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

SOUZA, David José e LAVINIA, Nicolás César. Conectando o PIC 16F877A: Recursos Avançados. 2ª. Ed. São Paulo: Érica, 2005.

SOUZA, David José de. Desbravando o PIC. 11 Ed. São Paulo: Érica, 2007.

TANENBAUM, Andrew S. REDES DE COMPUTADORES. Rio de Janeiro. Campus, 1994.

THOMAZINI, Daniel. Sensores Industriais: Fundamentos e aplicações. São Paulo. Erica, 2005.

ZANCO, Wagner da Silva. Microcontroladores PIC 16F628A/648A: Uma Abordagem Prática e Objetiva. 2ª. Ed. São Paulo: Érica, 2006.

## **2. Sites consultados:**

HIRAKAWA, A.R. & CUGNASCA, C.E. Experiência nº 2 – Display de Cristal Líquido. EPUSP, 2005. Disponível em < [http://www.poli.usp.br/d/pes2529/index\\_arquivos/2529e022005.pdf](http://www.poli.usp.br/d/pes2529/index_arquivos/2529e022005.pdf)>. Acessado em setembro de 2009.

PATI, Keila. Painel de Extremos da Tolerancia Humana Hipertermia. Disponível em < <http://biobio-unb-extremos1.blogspot.com/2008/06/normotemperatura-humana-aproximadamente.html>>. Acessado em agosto de 2009.

WWW – Aero Tecnologia. <http://www.aerotecnologia.com.br/>. Acessado em agosto de 2009.

## APÊNDICE A

### Código do Microcontrolador – DISPOSITIVO MONITORAMENTO

```
/* **** */
*
*      Projeto Final - Eng Computação – UniCEUB
*
*      DIEGO DELMONDES DE AVELAR MELO
*
*      RA: 2051606/6
*
* **** */
*
*  VERSÃO : 1.6
*
*  Dispositivo de Monitoramento
*
*  DATA : 11/12/2009
*
* **** */
/* **** */
*
*      Declaração de Variáveis
*
* **** */

int temp_res = 0; //declaração das variáveis
char a=0,e=0,tst[6];
char b=0,c=0,d=0,x=0;

/* **** */
*
*      Rotina Principal
*
* **** */

void main () {
ADCON1 = 0x06;      //torna todos os pinos AD como i/o de uso geral
ADCON1 = 0b00001110; //habilita canal A/D 0 e A/D1 do PIC
TRISA=0b00001111;  //define pinos como entrada

/* **** */
*
*      Configura USART
*
* **** */

usart_init(1200); // inicia usart
delay_ms(100);

while(1)
{
    x = Adc_Read(0); //le canal ad0 do PIC e salva valor na variável temp_res
    delay_ms(150);
    x = x*0.488; //fator de resolução
```



```

WordToStr(x, txt); //converte valor para string e carrega no vetor
a='i'; //declaração das variáveis de controle
e='f';
/* **** */

*                               *
*               Rotina Transferência de Dados               *
* **** */

Usart_Write(a); //envia caracter de controle
delay_ms(250);
Usart_Write(txt[2]); //envia caracter da 2 posição do vetor
delay_ms(250);
Usart_Write(txt[3]); //envia caracter da 3 posição do vetor
delay_ms(250);
Usart_Write(txt[4]); //envia caracter da 4 posição do vetor
delay_ms(250);
Usart_Write(e); //envia caracter de controle (final)
delay_ms(250); }
/* **** */

*                               *
*               Fim do Programa                               *
* **** */

```

## APÊNDICE B

### Código do Microcontrolador – DISPOSITIVO GERENCIAL

```
/* **** */
*          Projeto Final - Eng Computação – UniCEUB          *
*          DIEGO DELMONDES DE AVELAR MELO                    *
*          RA: 2051606/6                                       *
* **** */
*  VERSÃO : 1.6                                              *
*  Dispositivo Gerencial                                     *
*  DATA : 11/12/2009                                         *
* **** */
/* **** */
*          Declaração de Variáveis                            *
* **** */

char *text = "Temperatura:"; //declaração das variáveis
char rx,flag;
char buffer[50];
char count=0;
char a,b,c;
int d;
char temp[13];

/* **** */
*          Rotina Principal                                    *
* **** */

void main () {
    TRISD=0; //declaração do port D como saída
    PORTB=0;
    TRISB=0;

/* **** */
*          Rotina Ativação LCD                                *
* **** */

    Lcd_init(&PORTD); //inicializa port D
    Lcd_Cmd(Lcd_CLEAR); //limpa LCD
    Lcd_Cmd(Lcd_CURSOR_OFF); //desliga cursor
```

```

    Lcd_Out(1,1, text); //escreve primeira linha e coluna
    Lcd_Out(2,1, "--");
    delay_ms(100);

/* **** */
*
*                               Configura USART
*
* **** */

    usart_init(1200); // inicia usart
    delay_ms(100);

/* **** */
*
*                               Rotina Principal
*
* **** */

while(1)
{
    if (Usart_Data_Ready()) //aguarda informação no buffer
    {
        rx = Usart_read(); //carrega valor na variável rx
        if(rx=='i'|rx=='0'|rx=='1'|rx=='2'|rx=='3'|rx=='4'|rx=='5'|rx=='6'|
            rx=='7'|rx=='8'|rx=='9'|rx=='f') //compara valores do buffer
            if (rx == 'i' | flag==1) // Se receber "i", inicia o armazenamento de buffer
            {
                Lcd_Out(1, 15, "**"); //sinaliza recebimos
                flag=1;
                count++;

                if (count == 2)
                {
                    temp[0]=rx; //carrega caracter 1 no vetor 0
                }
                if (count == 3)
                {
                    temp[1]=rx; //carrega caracter 2 no vetor 1
                }
                if (count == 4)
                {
                    temp[2]='.'; // carrega ponto\
                    temp[3]='0';
                }
                if (rx == 'f') // fecha a verificação se todos os dados foram recebidos
                    corretamete para que envie para o LCD

```

```

{
  Lcd_Cmd(Lcd_CLEAR);    // apaga display
  Lcd_Out(1, 1, "Temperatura:"); //escreve texto   na primeira linha LCD
  Lcd_Out(2, 1, "Grau Cel. "); // escreve temperatura na segunda linha
  delay_ms(200);
  for(count=0;count<4;count++)
  {
    a=temp[count]; //carrega valor na variável
    Lcd_Chr_Cp(a); //escreve valor lcd
    delay_ms(30);
  }
  d=atoi(temp); // converte valor em int
  delay_ms(30);
  if(d<=36)
  {
    PORTB.f2=1; //acende led 1
    PORTB.f3=0; //apaga led 2
    PORTB.f0=0; //apaga led 3
    PORTB.f5=0; //desliga buzzer 4
    delay_ms(30);
  }
  if(d>35 && d<=37)
  {
    PORTB.f2=0; //apaga led 1
    PORTB.f3=1; //acende led 2
    PORTB.f0=0; //apaga led 3
    PORTB.f5=0; //desliga buzzer 4
    delay_ms(30);
  }
  if(d>37 && d<=39)
  {
    PORTB.f2=0; //apaga led 1
    PORTB.f3=0; //apaga led 2
    PORTB.f0=1; //acende led 3
    PORTB.f5=0; //desliga buzzer
    delay_ms(30);
  }
  if(d>40)
  {
    PORTB.f2=0; //apaga led 1
    PORTB.f3=0; //apaga led 2
    PORTB.f0=1; //acende led 3
    PORTB.f5=1; //liga buzzer
  }
}

```

```

        delay_ms(30);
    }
    count=0;
    flag=0;
}
}
}
}
}
}
}
/* ****
*
*                               Fim do Programa
*
* **** */

```

## APÊNDICE C

### Esquema Elétrico

